



UMU-202-T

அஞ்சல்வழிக் கல்வி
நிறுவனம்

இ

பி.ஏ. பட்ட படிப்பு

ந்

இரண்டாம் ஆண்டு

தி

இசை

ய

தாள்—4

இ

இயல் இசை — 2

சை

பாடத்தொகுப்பு—1

பரிமை பதிவு பெற்றது
1995

சென்னைப் பல்கலைக்கழகம்
சென்னை-600 005

வரவேற்கிறோம்

அங்கள் மாணவரீர்,

பி.ஏ. வகுப்பில் இந்திய இசை படிக்க இருக்கும் உங்களை மங்கள் நிறுவனம் வரவேற்கிறது.

இரண்டாம் ஆண்டில் நீங்கள் படிக்க விரும்பிய ஐந்து தாள்களில் இரு தாள்—4, இயல் இசை எனும் தாஞ்சுகு உரியது. இந்த நாளுக்கு உரிய பாடங்கள் உங்களுக்கு தவணை முறைப்படி அனுப்பி வரக்கப்பெறும். தொடர்ந்து வகுப்புகளில் நிகழ்த்தப்பெறும் விரிவாக்கள் இந்த பாடங்களை மேலும் விளக்கி நிறைவு செய்யும்.

அஞ்சல்வழிக் கல்வியில் மிக நன்றாக நீங்களே முயன்று படிக்க வேண்டும் என்பதை உணர்ந்திருப்பீர்கள். நீங்கள் மனமொன்றி படிப்பில் ஈடுபட்டு உழைப்பீர்களென்று பெரிதும் நம்புகிறோம்.

இந்தப் படிப்புக்காலம் முழுவதும் நாங்கள் உங்களுக்கு நூத்து முறையில் வழிகாட்டி உதவி புரிவோமென்று நிறுவனத் தார்மீல் உறுதி அளிக்கிறோம்.

முயன்று படித்துச் சிறப்பாக வெற்றி பெறுங்கள்.

இயக்குப்பு

II — SYLLABUS

PAPER—IV

THEORY OF MUSIC — II

I. Outline knowledge of the human voice box and the ear.

II. Musical sound and their characteristics :

(1) Pitch, intensity and timbre.

(2) Frequency and interval

Relative frequencies of the 12 svarasthana-s and the values of the intervals between them.

(3) Free and forced vibration ;

Resonance, Sympathetic vibration ;
Beats and Combination tones.

(4) Upper partials and Harmonics.

III. Vibrations of stretched strings :

Acoustic principles underlying tambura, vina and violin.

IV. Vibration of air columns :

Acoustic principles underlying flute and nagasvaram.

V. Vibrations of stretched membranes :

Acoustic principles underlying mrdangam and tavil.

VI. (a) Outline knowledge of the different laksana-s of raga-s :

(1) Compositions from which the laksana-s have been deduced, (2) svarasthana-s, (3) graha svara, (4) amsa or jiva, (5) nyasa, (6) melodic behaviour of specific svara-s, (7) sancara, (8) aroha and avaroha.

(b) Laksana-s of the raga-s prescribed for krti-s in Practical I and II.

VII. Laksana of krti form :

Contribution of — Pallavi Gopalayyar, Syama Sastri, Tyagaraja, Muttusvami Diksitar, Gopalakrsna Bharati, Anai-Ayya, Subbaraya Sastri, Vina Kuppayyar, Mysore Sadasiva Rao, Patnam Subrahmany Ayyar, Pallavi Sesayyar, Ramanathapuram Srinivasa Ayyanagar, Muttayya Bhagavatar, Papanasam Sivan, Mysore Vasudevacarya, Kotisvara Ayyar, G. N. Balasubramanyam and Dandapani Desikar.

Brief biographical details of the above composers.

(1) kampitam, (2) sphurita, (3) nokku, (4) khandippu, (5) jaru, (6) odukkal, (7) orikai.

VIII. Knowledge of the following gamaka-s :

IX. Study of the use of dvitiyaksara prasa (edugai) and yati (monai) in musical compositions.

Technical terms — paada, anuprasa, antyaprasa, padaccheda, yamaka, manipravala, sahitya, svarak-sara, gopuccha and srotovaha alamkara-s.

X. Mudras in musical compositions.

XI. Ability to reproduce in notation the varnam-s and krti-s learnt in Practical I and II.

XII. Cycles of fifths and fourths.

II — பாடத்திட்டம்

இசை இயல்—2

தாள்—4

I. மனிதனின் பேசும் அவயவும் காதும் பற்றி அறிதல்.

II. இசை ஒலியும் அதன் அம்சங்களும்.

(அ) ஒலி நிலை அழுத்தம், பண்பு :

(ஆ) துடிப்பு என்னும் இடைவெளியும் ; 12 ஸ்வரஸ்தானங்களின் தொடர்பு துடிப்பெண்ணும் அவைகளின் இடைவெளிகளின் மதிப்பும்.

(இ) இயற்கை துடிப்பும் தூண்டப்பட்ட துடிப்பும் ; உடனியக்கத் துடிப்பு, பரிதாப துடிப்பு ; விம்மல்கள், கலந்தொலிகள் ; பரிவார சுருதிகள் மற்றும் ஹார்மோனிக்ஸ்.

III. இழுத்துக்கட்டப்பட்ட நரம்புகளின் துடிப்பு :

தம்பூரா, வினை மற்றும் வயலின் கருவிகளின் அடிப்படை ஒலி-இயல் தத்துவம்.

IV. காற்று நிரைகளின் துடிப்பு :

புல்லாங்குழல் மற்றும் நாகஸ்வரம் கருவிகளின் அடிப்படை ஒலி-இயல் தத்துவம்.

V. இழுத்துக்கட்டப்பட்ட தோல்களின் துடிப்பு :

ம்ருதங்கம் மற்றும் தவில் கருவிகளின் அடிப்படை ஒலி-இயல் தத்துவம்.

VI. (அ) ராகத்தின் வெவ்வேறு லக்ஷணங்களைப் பற்றி அறிதல் :

(1) இலக்கணத்தை வகுக்க எடுத்துக்கொண்ட பாடல் கள், (2) ஸ்வரஸ்தானங்கள், (3) க்ரஹஸ்வரம், (4) அம்ச அல்லது ஜீவ ஸ்வரம், (5) ந்யாஸம்,

(6) குறிப்பிட்ட சில ஸ்வரங்களின் இடை மூல காரணம்.

(7) ஸஞ்சாரம், (8) ஆரோஹணம் மற்றும் அவை ரோஹணம்.

(ஆ) Practical I மற்றும் II-ல் க்ருதிகளுக்காக கொடுக் கப்பட்டுள்ள ராகங்களின் லக்ஷணங்கள்.

VII. க்ருதியின் லக்ஷணம் :

பல்லவி கோபாலய்யர், ச்யாமா சாஸ்திரி, தியாகராஜர், முத்துஸ்வாமி திஷ்விதர், கோபாலக்ருஷ்ண பாரதி, ஆனாஜ்யா, ஸ-ப்பராய சாஸ்திரி, வீணை குப்பய்யர், மைஸ்ர் ஸதாசிவ ராவ், பட்டணம் ஸ-ப்ரஹ்மண்ய அய்யர், பல்லவி சேஷ்யர், ராமநாதபுரம் ஸ்ரீநிவாஸ் அய்யங்கார், முத்தய்யா பாகவதர், பாபநாசம் சிவன், ஜி. என். பாலஸ-ப்ரமண்யன் மற்றும் தண்டபாணி தேசிகர் — க்ருதி உருவமைப்பின் வளர்ச்சிக்கு இவர்கள் ஆற்றிய பணி.

இவர்களைப் பற்றி சுருக்கமான வாழ்க்கை வரலாறு.

VIII. கீழ்க்கண்ட கமகங்களைப் பற்றி அறிதல் :

(1) கம்பிதம், (2) ஸ்புரிதம், (3) நொக்கு, (4) கண்டிப்பு, (5) ஜாரு, (6) ஒதுக்கல், (7) ஓரிகை.

IX. இசை பாடல்களில் எதுகை (ப்ராஸம்) மற்றும் மோனை (யதி) கலைச்சொற்கள் :

பாதம், அனுப்ராஸம், அந்தயப்ராஸம், பதச்சேதம், யமகம், மணிப்ரவாள ஸாஹித்யம், ஸ்வராக்ஷரம், கோபுச்ச மற்றும் ஸ்ரோதோவாஹ அலங்காரங்கள்.

X. இசை பாடல்களில் முத்திரைகள்.

XI. Practical I மற்றும் II-ல் கற்றுக்கொண்ட வர்ணங்களுக்கும், க்ருதிகளுக்கும் ஸ்வர-தாள குறிப்பு எழுதுதல்.

XII. ஸ-ப மற்றும் ஸ-ம க்ரமம்.

III — பொருளாடக்கம்

இப்பாடத்தொகுப்பில் பாடங்கள் 1 — 5 அடங்கியுள்ளன.

IV. பாடர் முறை

பாடம் எண் 1

பேசும் அவயவம்

ஸங்கித வாத்யங்களில் மேன்மையானது மனிதனது பேசும் ஸ-வாயாவம். நாக்கினால் தடவிப் பார்த்து மேல் வாயின் மூன் பாகம் மாடனமாயும், பின் பாகம் ம்-ருதுவாயும் தொண்டைவரை பரவி யிருப்பதையும் கவனிக்கலாம். தவிர இப்பகுதி மூக்கையும் வாயை யும் இணைக்கிறது. தொண்டையை பொதுவாக பாரின்க்ஸ் (pharynx) என்று கூறுவார்கள். அதன் அடிப்பாகம் முன்புறத்தில் லாரின்க்ஸ் (larynx) என்று சொல்லப்படும் ஓலிப்பெட்டி முதற் கொண்டு பின்புறத்தில் உணவுகழல் வரை வயாபித்திருக்கிறது. நாம் உட்கொள்ளும் காற்றை ஓலிப்பெட்டியின் மூலமாக சுவாசக்குழாயிற்கும், நாம் உட்கொள்ளும் ஆகாரத்தை உணவுகழல் மூலமாக இரைப்பைக்கும் அனுப்புமாறு தொண்டையின் தசைகள் அமைந்திருக்கின்றன. நாம் சுவாசம்பிடும் காற்று ஓலிப்பெட்டியிலிருந்து வந்து தொண்டை, வாய், மூக்கு வழியாக வெளிப்படுகிறது. ஓலிப்பெட்டி அமைப்பில் ஒரு முக்கோணத்தை ஒத்திருக்கும். இம்முக்கோணத்தின் முனை (adam's apple) சிலருக்கு கழுத்தில் நன்றாய் நீட்டிக் கொண்டிருப்பதைக் கவனிக்கலாம்.

ஓலிப்பெட்டி நான்கு குருத்தெலும்புகளால் ஆக்கப்பட்டது. அதனுள் கரல்நாண்கள் (vocal cords) என்ற இரண்டு சன்ன தோல்கள் இருக்கின்றன. இவை பக்கவாட்டத்தில் தசைகளினால் இழுக்கப்பட்டுச் சுவாசக்குழாயின் த்வாரத்தை கதவுகள் போல் மூடிக் கொண்டிருக்கின்றன. நாம் பேசாமல் காற்றை உட்கொள்ளும் போது அவை நன்றாக விலகுகின்றன. ஆனால் நாம் பேசுமுயற்சி செய்தவுடன் குரல் நாண்களின் தசைகள் நெகிழ்ந்து குரல் வளை வாய் சிறியதாகிவிடுகிறது. அப்போது நுரையீரல்களிலிருந்து வெளி வரும் காற்று குரல்நாண்களைத் துடிக்கச் செய்கின்றன. இதனால் ஓலி உண்டாகிறது. இவ்வொலி தொண்டை, வாய், மூக்கு மூதலிய இடங்களில் உள்ள காற்றினால் பலபடுத்தப்பட்டு வெளிக் காற்றில் புரவுகிறது. நுரையீரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்றின் வலிமையை தக்கவாறு மாற்றி ஓலியின் முழக்கத்தை மாற்றிக் கொள்ளலாம். அதிர்ச்சியின் அளவு குரல்நாண்களின் அசையும் நீளத்தையும் பிருவை

யும் பொருத்திருப்பதால் தசைகளின் உதவியால் நாண்களின் நீளத் தையும் பிருவையும் மாற்றி, வேண்டும் என்கிற ஸ்வரங்களைப் பாட முடிகிறது.

குரலும் இசைக்கருவியும்

ஒவ்வொரு இசைக்கருவியும் முக்கியமாக மூன்று பாகங்களைக் கொண்டது.

1. துடிக்கும் பகுதி.
2. முழக்கத்தை அதிகரிக்கும் பகுதி — ரெஸோனேடர் அல் வது குடம்.
3. பலவித ஸ்வரங்களை உண்டாக்குவதற்கு வசதி.

வீணையை எடுத்துக்கொண்டால், வாசிக்கும் தந்திகளின் மற்றும் ச்ருதி/தாள் தந்திகளின் அதிர்வால் ஏற்படும் ஒவிகுடத்தாலும் தண்டியாலும் பெருக்கப்படுகிறது. வெவ்வேறு ஸ்வரங்களை வாசிக்க பிரதான தந்திகள் இடதுகை விரல்களால் மொட்டுகளின் மீது அழுத் தப்படுகின்றன.

பாடும்பொழுது நுரையீரல்கள் விரிந்தும் ஈருங்கியும் குரல் நாண்களின் மேல் ஒரு அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகின்றன. இதனால் நாண்கள் துடிக்கின்றன. லாரின்களினால் (larynx) ஏற்படுத்தப்பட்ட காற்றுப்பொந்துகளுக்கு இத்துடிப்புகள் எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. நாக்கின் பின்புறம் உள்ள க்ளாட்டிஸ் (glottis) என்னும் பகுதியின் தசைநாரால் (muscles) ஒலியின் ஏற்றம்-இரக்கம் ஏற்படுகிறது. ஒலியின் முழக்கம் காற்றின் வலிமையை கட்டுப்படுத்துவதால் உண்டாகிறது.

குரல் பெட்டியின் இயக்கம் சிலரால் நரம்புக்கருவியிடதனும், மற்றும் சிலரால் துளைக்கருவிகளுடனும் ஒப்பிடப்படுகிறது. பார்க்கப் போனால் குரலில் இருவகைக் கருவிகளின் இணைப்பும் தெரிகின்றது. அதாவது ஒலியெழுப்பும் முறை துளைக்கருவி போலும், துடிக்கும் விதம் நரம்புக்கருவி போலும் இருக்கிறது. சமீப காலத்தில் கூறப்படும் கருத்தாவது — நாண்கள் உள்நாக்கை தாண்டி வரும் காற்றில் ஒரு சமூல் (vortex) போன்று ஏற்படுத்தி ஒலியை உண்டாக்குகிறது. தந்திக்கம்பிகள் (telegraph wires) மற்றும் நெற்கதிர்களைத் தாண்டி செல்லும் காற்று இவ்விதம் தான் ஒலியையெழுப்புகிறது.

ஆண்கள் மற்றும் பெண்களின் குரல்

குரல் நாண்கள் ஸ்த்ரீகளுக்கு இருப்பதைக்காட்டிலும் புருஷர் களுக்கு சற்று நீண்டும் தடித்தும் இருப்பதால் புருஷர்கள் பாடும் ஆதார ச்ருதி ஸ்த்ரீகளது ஆதார ச்ருதியை விடக் குறைவாக இருக்கிறது. மேலும் இளம் வயதில் குரல் நாண்கள் மெல்லியதாய் இருப்பதினால் சிறுவர்களின் ஆதார ச்ருதி பெரியவர்களின் ஆதார ச்ருதியைக்காட்டிலும் உயர்வாகவே இருக்கின்றது. ஆனின் குரலின் சராசரி அடிப்படை துடிப்பளவு 145 சுற்று பரதி நொடியாக இருக்கும். அதன் பரப்பு 12 ஸ்வரங்கள் இருக்கும். பெண்ணின் குரலின் சராசரி அடிப்படை துடிப்பளவு 230-ம், பரப்பு ஆண்களைப் போலும் உடையதாகவே இருக்கும்.

ஒலி நிலை (pitch) அல்லது ச்ருதி

ஒலியின் நிலை அல்லது ச்ருதி இரு குரல்-நாண்களின் துடிப்பை, பிகுவை (tension), நீளத்தைப் பொறுத்து இருக்கிறது. இரு நாண்களும் ஒரே சமதளத்தில் முன்னுக்கும் பின்னுக்குமாக இருக்கும். மூச்ச இழுக்கும் பொழுது அவை, ஆண்களில் $3/4$ அங்குலமும் பெண்களில் $1/2$ அங்குலமும் விலகும். சிறுவர்களின் குரல் “உடைவது” குரல் நாண்களின் நீளம் இரு மடங்கு அதிகரிப்பதால் உண்டாகிறது.

குரலின் விரிவு அல்லது பரப்பளவு

குரல் நன்றாக அமைந்த ஒவ்வொருவரும் மூன்று ஸ்தாயிகளுக்கு மேல் பாடும் வசதி உடையவர்கள் கிலரே. ஆண்களில் இரண்டு வகையான குரல்கள் கூறப்படுகின்றன — “மார்பு-ஸ்தாயி” மற்றும் “தலை-ஸ்தாயி”. இதனிடையே இருக்கும் ஒரு பிளவு சாதக பலத்தால் மறைக்கப்படுகிறது. சீழ் ச்ருதிகளில் “மார்பு குரல்” பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக்கட்டத்தில் குரல் நாண்களிடையே உள்ள இடைவெளி குறுக்கலாகவும், நீளமாகவும் இருக்கும். நாண்கள் முழுமையாக துடிக்கும். மேல் நிலையில் “தலை-குரல்” பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக்கட்டத்தில் நாண்களிடையே இடைவெளி அதிகமாகவும், அவைகளின் உட்பகுதி மட்டும் துடித்தும் இருக்கும்.

ஒலி முழக்கம் (loudness)

ஒலி முழக்கம் குரல்-நாண்களிடையே புகும் காற்றின் அழுத்தத்தை சார்ந்துள்ளது.

நலியின் பண்பும் உயிரெழுத்துக்களும்

வெவ்வேறு மனிதர்களிடமிருந்து அல்லது கருவிகளிடமிருந்து வரும் ஒரே ச்ருதி (pitch) மற்றும் பிரீ (tension) கொண்ட ஒவிகளில் காணப்படும் வேறுபாடு தான் பண்பு. ஒவிகளின் ச்ருதி குரல் நாண்களை பொருத்திருந்தபோதிலும் அவற்றின் பண்பு வாயிலிலையை அமைப்பையும் மூக்கினுடைய அமைப்பையும் பொருத்திருக்கிறது. தவிர குரல்நாண்களின் துடிப்பு இல்லாமலும் சப்தம் உண்டாகலாம். நாம் குச்சுக்கென்று பேசும்போது உதடுகளின் அசைவுகளைக் கொண்டு ஒவியை உண்டுபண்ணுகின்றோம். ஒருவர் பாடும்போது குரல் நாண்களிலிருந்து கிளம்பிய ஒவியை பரிவார ச்ருதிகள் சில தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களிலுள்ள காற்றில் உடனியக்கத்தை உண்டாக்குகிறது. தொண்டை, வாய், மூக்கு ஓவிலிடங்களிலுள்ள காற்றின் அளவு, நாம் அவற்றை வைத்துக்கொள்ளும் விதத்தைப் பொறுத்து இருப்பதனால் உடனியக்கம் ஒவ்வொரு அமைப்புக்குத் தகுந்தவாறு மாறுகிறது.

எல்லா வாத்யங்களைக்காட்டிலும் மனிதனுடைய பேசும் அவையும் உயர்ந்தது என கருதப்படுகிறது. ஏனெனில் மற்ற வாத்யங்களினால் செய்யமுடியாத உயிரெழுத்து சப்தங்களை மனிதன் கெய்வது மனிதனுடைய பேசும் அவையும் உன்னதமானது. எவ்வாறு உயிரெழுத்து சப்தங்களை மனிதன் உச்சரிக்கின்றான் என்றும் ஒரு உயிரெழுத்துச் சப்தத்திற்கும் மற்றொரு உயிரெழுத்துச் சப்தத்திற்கு முன்ள வித்தியாசம் என்னவென்றும் அவைகளின் பண்பு எவ்வாறென்றும் இம்மாதிரியான சர்க்கைகள் தெறல்மேறாள்ட்ஸ் என்ற விஞ்ஞானியால் செய்யப்பட்டிருக்கிறது.

எல்லாவிதமான ஒவிகளும் தனிப்பட்ட ஒவிகள் அல்லவென்றும் பரிவார ச்ருதிகளுடன் கலந்து வருகின்றனவென்றும் முன்பு பார்த்தோம். அது போலவே உயிரெழுத்துச் சப்தங்களை நாம் சொல்லும் போது அந்த ஒவிகளிலும் பரிவார ச்ருதிகள் அடங்கியிருக்கின்றன. இப்பொழுது “உ” என்று ஒரு ச்ருதியில் பாடுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அந்த ஒவியில் ‘fundamental’ என்று சொல்லப்படும் மூல-ச்ருதியைத் தவிர இரண்டு மடங்கு துடிப்பு உள்ள முதல் பரிவார ச்ருதியும் மூன்று மடங்கு துடிப்பு எண் உள்ள இரண்டாவது பரிவார ச்ருதியும் இவ்வாறு பல பரிவார ச்ருதிகளுடன் “உ” என்ற ஒவி வெளிவருகின்றது. அவ்வாறு ஏற்படும் ஒவியில் நம்முடைய வாயில் இருக்கும் காற்று எல்லா பரிவார ச்ருதிகளுக்கும் பலம் கொடுப்பதற்காக சில பரிவார ச்ருதிகளுக்கு அதிகமான பலத்தைக் கொடுக்க தனுப்புகின்றது. அதனால் தான் “உ” வென்று சொல்லும்போது

ஒவியிதமாகவும், “உ” வென்று சொல்லும்போது மற்றொருவிதமாகவும் இம்மாதிரியாக வெவ்வேறு உயிரெழுத்துக்கள் சொல்லும் போது அதற்குத் தகுந்தாற்போல் வாயையும் நாம் வைத்துக் கொள்கிறோம். ஹெல்மஹோல்ட்ஸ், அவ்வாறு விதியிதமாக வாயை நாம் வைத்துக்கொள்ளும்பொழுது, வாயிலிருக்கும் காற்றின் இயற்கை ச்ருதி என்னவென்பதை பல ஒலிச்சவுக்களைக் கொண்டு ஒவ்வொன்றாகத் தட்டி: வாய்க்கு நேராக வைத்துக்கொள்ளுவதனால் கண்டு பிடித்தார். சில உயிரெழுத்து சப்தங்களை சொல்லும்பொழுது, அப்பொழுது வாயிலிருக்கும் காற்று ஒரு பரிவார சுருதியை மட்டும் அதிக பலத்துடன் அனுப்புவதாகவும் கண்டுபிடித்திருக்கிறார். தவிர எந்த சுருதியில் உயிரெழுத்துக்களை உச்சரித்தபோதிலும், வாயிலிருக்கும் காற்று அதிக பலப்படுத்தி அனுப்புகின்ற பரிவார சுருதியின் சுருதி மாறுபடுவதில்லையென்று கண்டுபிடித்திருக்கிறார். ஆகையால் அதிக பலப்பட்டு வருகின்ற பரிவார சுருதியையோ, அல்லது பரிவார சுருதி களைக்கொண்டு எந்த உயிரெழுத்து என்று சொல்லிவிடலாம் என்று அபிப்பிராயப்படுகின்றார்.

அவர் கண்டுபிடித்த மேற்கூறிய விஷயங்களை மற்றொரு முறையில் சோதனை செய்து ஊர்ஜிதப்படுத்திக்கொண்டார். மூலச்சுருதிக்கு ஒரு ஒலிக்கவுடும், அதன் துடிப்பு எண்ணக்காட்டிலும் 2 மடங்கு 3 மடங்கு, இம்மாதிரி 8 மடங்கு வரையில் அதிகமாகவுள்ள ஒலிக்கவுடுகளை (tuning forks) எடுத்துக்கொண்டும் அவையவைகளிற்கு எதிரில், அதற்குத் தகுந்தாற்போல் உடனிருக்கும் சாதனங்களைக் கொண்டும், எல்லா ஒலிக்கவுடுகளையும் மின்சார சக்தியினால் துடிக்கச் செய்து உயிரெழுத்து சப்தங்களை உச்சரிக்கும்படிச் செய்தார். இதிலிருந்து அவர் முதலில் கண்டுபிடித்த விஷயங்களை நிறுபிட்தார்.

குரல் பயிற்சி

இனி குரல் பயிற்சிக்கு வேண்டிய முக்கிய விஷயங்களைப் பார்ப்போம். ஒவி நாண்களை அசைக்கும் காற்று வெளியே வரும்பொழுது தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் தங்குதடையின்றி வரப் பழகுவதை ஒவ்வொரு பாடகரும் மேற்கொள்ளவேண்டும். நுரையீரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்றை வேண்டுகிற அளவுக்குத் தகைகளின் உதவியால் அதிகப்படுத்தவோ குறைக்கவோ முடியும். எனவே குரலைத் திருத்துவதற்கு முன் சவாசத்திற்குண்டான் தகைகளைச் சிறந்த முறையில் உபயோகிக்கப் பழகிக்கொள்ள வேண்டும்.

இதற்கு ஈரல்கள் கொள்ளும் அளவு காற்றை நிரப்பி அதை நிதானமாக வெளியே அனுப்பக் கற்றுக்கொள்ளவேண்டும்.

சுவாசப்பைகளைத் தாங்கி நிற்க உடலிலே உறுதியான தசை ஒன்று உண்டு. இதற்கு இடைப் பரப்பி (diaphragm) என்று பெயர். இதை ஈரல்-தாங்கி என்றும் கூறுவதும் உண்டு. நிதானமாக சுவாசத்தை வெளியிடுப்ப இடைப்பரப்பியின் உதவியையும் விலா எலும்புகளை ஒன்றோடொன்று சேர்க்கும் தசைகளின் உதவியையும் பெற வேண்டும். சுவாசம் உட்கொள்ளும் நேரத்தைக் குறைத்து, வெளியிடும் நேரத்தை எவ்வளவு அதிகப்படுத்த முடியுமோ அதுவரையில் அதிகப்படுத்த பழகவேண்டும். மேலும் வாய், நாக்கு முதலியவற்றை நம்மிழுடப்படி அசைக்க அவற்றின் தசைகளைப் பழக்க வேண்டும். ஏனெனில் இவற்றின் தசைகள் காது நரம்புகளுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இதிலிருந்து கேள்வி ஞானத்தின் அவசியத்தை உணரலாம். செவிட்டகளைப் பேசும்படிச் செய்து விடலாம். ஆனால் பாடும்படிச் செய்வது முடியாது. சிலர் பாடும்போது தொண்டையைவிட்டு ஒவி கிளம்புவதற்கு சிரமப்படுவதைப் போல தோன்றுவதைக் கவனிக்கலாம். இவர்கள் பாடும்போது தொண்டையைக் குறுக்கிச் சிரமப்படுத்திக்கொள்வதால் தொண்டை, வாய், மூக்கு முதலிய இடங்களில் உள்ள காற்றில் சரியானபடி உடனியக்கம் உண்டாகாமல் போய்விடுவதே இதன் காரணமாகும்.

வாயை மூடிக்கொண்டு அகார சாதகம் செய்வதினால் இந்தக் குறையைப் போக்கிக் கொள்ளலாம். மேலும் முக்கியமாகக் குரல்நான்களை அசையச் செய்யும் தசைகள், வெளியிடும் சுவாசத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் தசைகள் இவை இரண்டும் ஒத்து இயங்கவேண்டும். இவ்வாறு இல்லாவிடில் ஏற்படும் நெடுஞ்களைக் கவனிப்போம். வெளியிடும் சுவாசத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் தசைகள் முன்னதாக இயங்கத் தொடங்கினால், குரல்வளைவாய் பெரிதாக இருந்து, காற்று, குரல்நான்களை நன்றாக அசைக்கமுடியாமல் வெளியே வந்துவிடுகிறது. அதனால் சாரீரம் சன்னமாகவும், வள்ளமையற்றும் போய்விடுகிறது. மற்றும் குரல்நான்களின் தசைகள் முன்னதாக இயங்கத் தொடங்கினால் குரல்வளைவாய் முன்னதாகவே குறுகிலிடுகிறது, எனவே அதிக வளிமையுடன் காற்றை வெளியே அனுப்பவேண்டியிருக்கிறது. இதன் விளைவாகத் தொண்டை சீக்கிரம் சோர்வு அடைந்துவிடுகிறது. பாடும்போது மார்பு, தலை, வாய், முதலிய இடங்களிலிருந்து ஒவி வெளிவருவது போல உணர்ச்சி ஏற்படுவதே நல்ல பயிற்சிக்கு அடையாளமாகும்.

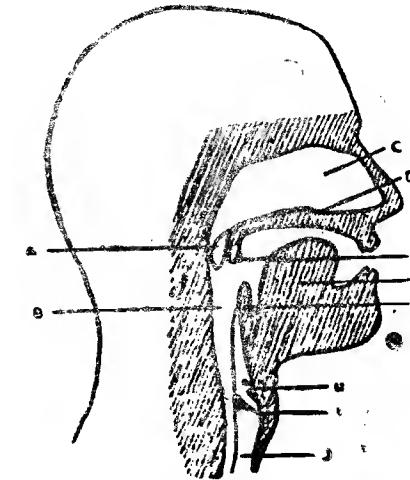
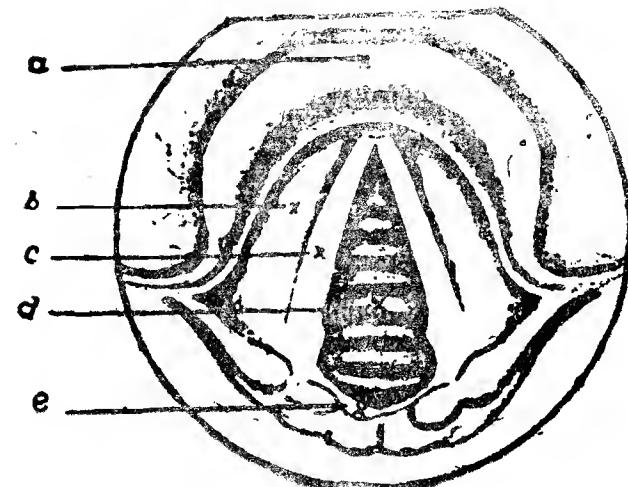
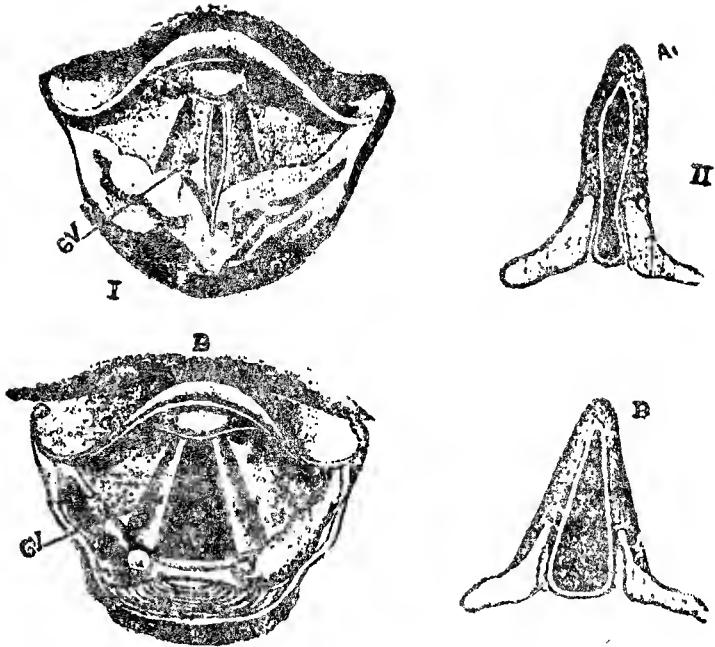


Diagram of vocal chords and associated cavities. A, soft palate; B, pharynx; C, nasal cavity; D, hard palate; E, uvula; F, tongue; G, epiglottis; H, false vocal chords; I, vocal cords; J, ventricle.



Larynx

(a) Epiglottis (b) False vocal cords (c) True vocal cords
(d) Trachea (e) Anterior wall of the larynx



குரல் நாண்களின் தோற்றங்கள்

காது

பெரிர்ப்புலன் மனிதனது ஐம்புலன்களில் மிகவும் நுட்பமானது. பெரிர்ப்புலன் லீவராசிகளுக்கும் இப்புலன் வாழ்வுக்கு இன்றியமையாததாக இருப்பதில்லை. இதைப் புறச்செவி, நடுச்செவி, உட்செவி என்று ஏற்று பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதல் பாகத்தில் செவிப்புனல் (triumph) செவிக்குழல் (auditory canal) சவ்வுத்தோல் (drum stick). உடங்கியுள்ளன.

பெரிர்ப்புனல்

செவிப்புனல் மனிதர்களுக்கும் மிருகங்களுக்குமே உள்ளது. பெரிர்ப்புலன் இனங்களுக்குக் கிடையாது. ஒலி வரும் திக்கை நோக்கிச் செவிப்புனல்களைத் திருப்பி, ஒலியைக் கேட்க மிருகங்களுக்கு முடியுமாது. ஆனால் மனிதர்கள் அவர்களின் செவிப்புனல்களை அவ்வாறு ஆலோக்கமுடியாது.

செவிக்குழலின் பக்கங்களில் குரும்பை என்று சொல்லப்படும் குழுவித மெழுகு இருக்கிறது. இதனால் எறும்பு முதலிய சிறு பூச்சிகள் சுலபமாக உட்செல்ல முடியாது. செவிக்குழலின் கடைசியில் சவ்வுத் தோல் அமைந்திருக்கிறது.

நடுச் செவி

நடுச் செவியில் ஆஸிகிள்ஸ் (ossicles) என்ற மூன்று எலும்புகளாலாகியத் தொடர் ஒன்றோடொன்று மிகவும் நுட்பமாக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இத்தொடரின் ஒரு முனை சவ்வுத் தோலுடனும் மற்றொரு முனை உட்காதுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இம்மூன்று எலும்புகளுக்கும் தனி பெயர்களும் உண்டு. அவற்றின் உருவத்துக்கு ஏற்றபடி சுத்தி (hammer), பட்டரை (anvil), அங்கவடி (stirrup) என்று கூறப்படுகின்றன.

உட்செவி

உட்செவி சுற்றுச் சிக்கலான அமைப்பு. இதில் மூன்று பகுதிகள் உள்ளன :

- (அ) காதுமையப்புழை (vestibule)
- (ஆ) அரைவட்ட கால்வாய்கள் (semi-circular canals)
- (இ) சுருள்வளை (cochlea)

1. காது மையப்புறை

இது உட்செவியின் மையப்பகுதி. இதில் உள்ள நீள்உருண்டை சன்னிலில் (oval-window) ஸ்டிரப் (stirrup) என்னும் மூன்றாம் எலும்புத் தொடர் வந்து சேருகிறது.

2. அரைவட்ட கால்வாய்கள்

மூன்று அரைவட்ட கால்வாய்கள் உள்ளன. இவைகளின் பயன் ஒலி கேட்பதற்கு இல்லாவிடினும் இவைகள் உடலை சமநிலைக்கு கொண்டுவருகின்றன. இவைகளின் மூலம் தான் நம்மால் நேராக நிற்க முடிகிறது.

3. சுருள்வளை

இது செவியின் கடைசி மற்றும் மிக அடிப்படையான பகுதி. இது உட்செவியின் முக்கிய பாகம், அதாவது நத்தை ஓட்டை ஒத்தினால் 3.1 சென்டிமீட்டர் இருக்கும். இதன் உட்புறம் பேளிலார் மெம்பிரேன் (basilar membrane) எனப்படும். அடிச் சவ்வினால் இரண்டு அறைகளாக பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதை கேள்வி நரம்புகள் (auditory nerves) மூளையுடன் இணைக்கின்றன.

பேளிலார் அடி ஜவ்வத்தோலில் ஆயிரக்கணக்கான சிறு நரம்புகள் (fibres) இருக்கின்றன; அவைகள் தான் நாம் கேட்கும் சப்தத் திற்குக் காரணமாக இருக்கின்றன. அவைகளில் உடனியக்கம் ஏற்படுவதினால் மூளைக்குக் கேள்வி நரம்புகள் மூலமாக வப்தத்தின் உணர்ச்சி செல்லுகின்றது என்று கருதப்படுகிறது. அதாவது ஒரு மோது அதிர்ச்சி காக்வியாலில் பரவுகின்றது. அப்பொழுது அந்த அடிச்சவ்வில் உள்ள நரம்புகள் உடனியக்கம் செய்து அதனால் கேள்வி நரம்புகளின் மூலமாக மூளைக்கு சப்தத்தின் உணர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. கேட்கும் சப்தத்தின் சுருதிக்குத் தகுந்தாற்போல பேளிலார் ஜவ்வ தோலின் உடனியக்கும் பகுதி அமைகிறது என்று தெரிய வந்தது. இந்த விஷயம் சீமைப் பெருச்சாளியின் காதில் பரீக்கை செய்து ஊர்ஜிதப் படுத்தப்பட்டது. சீமைப் பெருச்சாளியின் காதில் ஒயாமல் ஒரு சுருதியில் இரைச்சலான சப்தத்தை விழும்படி செய்து கொஞ்சம் நேரம் கழித்து அதன் காதை அறுத்து அதன் அடிச்

ஷல்லவைப் பரீக்கை செய்து பார்த்தபொழுது அதில் ஒரு பாகம் அறுந்து போயிருந்தது. அறுந்துபோன பாகம் வெளியே ஏற்படும் ராப்தந்தின் சுருதிக்கு தக்கவாறு அமைந்திருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

சுமார் 24,000 நரம்புகள் பேளிலார் ஜவ்வ தோலிலிருப்பதாக ஈண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அவைகளில் உடனியக்கம் ஏற்பட்டு நாம் கேட்கும் சப்தங்களின் சுருதிக்கு உயர்ந்த எல்லையும் தாழ்ந்த எல்லையும் இருக்கவேண்டுமென்று அறியலாம். சோதனை செய்து பாப்தத்திலிருந்து கீழே சுமார் 18-க்குக் குறைவாக தடிப்பு உண்டா ணால் சப்தம் கேட்காதென்றும் மேலே சுமார் 20,000-க்கு அதிகமாக தடிப்பு ஏற்பட்டால் சப்தம் கேட்காதென்றும் ஈண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. உயர்ந்த சுருதிகளே கேட்கும் சக்தி, வயதைப் பொறுத்திருக்கிறது. முதுமை வரவர உயர்ந்த சுருதிகளைக் கேட்க முடிவதில்லை. சங்கீத சம்பந்தமாக 4,000-க்கு மேல் சுருதியுள்ள ஒளிகள் உபயோகப்படுத்தப்படுவதில்லை. நாம் சாதாரணமாக 11 ஸ்தாயி வரையில் சப்தம் கேட்கக்கூடுமென்று கருதப்படுகின்றது.

செவியின் வழிமுறை

காதில் ஒலி செவியின் நுழைவழியில் காற்றமுத்தத்தில் மாறுதல்கள் செய்கின்றது. இதனால் சவ்வத்தோல் அதிர்வ அடைகின்றது. இந்த துடிப்பு மூன்று எலும்பு தொடர்மூலம் நீள்உருண்டை சன்னிலை அடைகின்றது. இவ்வெலும்புகள் இலேசான காற்று ரூபத்திலுள்ள துடிப்பை ஒரு கண்தத் திராவக ரூபமாக மாற்றுகிறது. இச்செயலினால் சன்னிலில் அழுத்தம் அதிகரிக்கப்படுகிறது.

ஒலிவரும் திசையும் செவியும்

ஒரு செவியினால் மட்டும் ஒலி வரும் திசையைப்பற்றி கூறமுடிந்தாலும், இரு செவிகளினால் இதையே இன்னும் திடமாக கூறமுடியும். கண்களால் ஒரு பொருள் இருக்கும் திசை மட்டுமின்றி தூரத்தைக் கூட கூறமுடியும்.

செவியினால் ஒலி வரும் திசையை அவ்வொளியின் முழுக்கத்தின் அளவால் கண்டுகொள்ள முடிகின்றது. உயர்நிலை சுருதி கொண்ட ஒளிகள் இரு செவிகளையும் வந்தடையும் பொழுது, ஒரு செவிக்கும் மற்றொன்றிற்கும் ஒலி முழுக்கத்தில் வித்தியாசம் இருக்கும். ஏனென்றால் ஒலி பிறக்குமிடத்திலிருந்து ஒரு செவி மற்றொன்றைவிட சற்று

தொலைவில் இருக்கின்றது. இரு செவிக்கும் இடையில் தலை ஒரு திரையாக உள்ளது. கீழ்நிலை ச்ருதி கொண்ட ஒலிகள் இரு செவி களை வந்தடையும்பொழுது அவைகளிடையே படிநிலை வேறுபாடு (phase difference) காணப்படுகிறது. இதனால் செவிகளால் ஓலி யின் திசையை அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது.

இசையுணர்வும் செவியும்

1. பத்து அல்லது பதினேராரு ஸ்தாயி பரப்புள்ள ஸ்வரங்களை செவியினால் உனர முடிகிறது.
2. இப்பரப்பில் நடுநிலையில் வரும் ஸ்வரங்களை செவியினால் நுட்பமாக விலக்கி அறிய முடிகிறது. மிகவும் உயர்ந்த மற்றும் மிகவும் தாழ்ந்த நிலையில் உள்ள ஸ்வரங்களை நுட்பமாக வேறுபடுத்துவது சிறிது கடினம்.
3. கிட்டத்தட்ட ஒரே துடிப்பெண் கொண்டுள்ள ஸ்வரங்கள் இசைக்கப்படும் பொழுது விம்மல்கள் (beats) கேட்கின்றன. துடிப்பு எண்களின் இடைவெளி அதிகரிக்க விம்மல்கள் கேட்பது நின்றுவிடும்.
4. இரண்டு அல்லது அதற்கும் மேற்பட்ட ஸ்வரங்கள் ஒலிக்கும் போது அவைகளை வேறுபடுத்திச் சொல்லமுடியும். அதே போல் ஒரே ஒலியிலுள்ள பரிவார சூருதிகளையும் கூறமுடியும்.

ச்சுதியும் உணர்வுத்திறமை

ஒரே முழுக்கத்தைக் கொண்ட ஒரு ஒலியின் தடிப்பு என்னை 10 சுற்று ப்ரதி நொடி தொடங்கி 15-க்கு ஏத்தினால் ஒரு தாழ்வு நிலையில் உள்ள ஒலி கேட்கும். இவ்வாறு ஏத்திக் கொண்டே போனால் கீச்சென்று ஒரு ஒலி கேட்கும். இதற்கு மேல் ஒலி கேட்பது நின்றுவிடும், அதாவது ஒலியின் எல்லை 18 ச.ரி.நொ-விருந்து 40000 ச.பி.நொ-வரை அதாவது 10 ஸ்காயி.

இவ்வெல்லை மனிதனின் வயதுக்கு தக்கபடி மாறும். சிறு வயதில் உள்ளவர்களே 25000-க்கு மேல் கேட்கமுடியும்.

ஸ்வர இடைவெளியும் உணர்வுக்கிறைய்

ஓலிபிள் ச்ருதியில் மிகச்சிறு மாறுதல்களையும் உணர்த்திறன் கொண்டுள்ளது நம் செவி. 500—4000 கி.பி.நோ. மத்தியில் உள்ள

ஈவாங்களில், மற்றும் 40-80 போன் (phone) முழக்கத்திலும், ஒரு போயில் ஒரு ஸெமிடோனில் (semi-tone - ஸ-வுக்கும் சுத்த-ரி-யுக்கும் ரி என்ற இடைவெளி) முப்பதில் ஒரு பகுதி இடைவெளியை வேறு கடிக்கி உணர முடியும்.

(മുന്തകമും ഉണ്ടാവുന്നതിനുമുണ്ട്)

ஒழு குறிப்பிட்ட முழுக்க அளவிற்கு கீழ் உள்ள ஒலியை செல்லாமல் உணர முடியாது. இந்த அளவு ஒலியின் ச்ருதியை கார்ந்திருக்கிறது. 1000 ச.பி.தொ. கொண்ட ஒரு ஒலி 0.0000000000000000 யா. ஸ் பிரதி சதுரமெண்டிமீட்டர் (watts per sq.cm.) முழுக்கம் மீ. கும் கொண்டிருந்தால் செவியால் உணரமுடியும். 3500 ச.பி.தொ. கொண்ட ஒலி செவி உணர்வுக்கு ஏற்றது.

ஷலி பண்பும் உணர்வுத்திறனும்

இரு ஒலியின் பண்பு (timbre) அதிலுள்ள பரிவார ச்ருதிகளை அவைகளின் முழுக்கத்தை பொருத்து இருக்கிறது. இதை நம் சொயால் பகுத்து ஆராய்ந்து உணர முடியும்.

செவியால் இயக்கப்பட்ட பரிவார ச்சூதிகள்

செவியின் பகுதிகள் சமசீர் அற்று இருப்பதால் அதில் புகு ஒலிக்கு பரிவார ச்ருதிகளை செவியே உண்டாக்கிக்கொள்ளும். “fி என்ற துடிப்பெண் கொண்ட ஒரு ஒலி செவிக்கு வந்தடைந்தால் செவி அதில் 2f, 3f, 4f போன்ற ஹார்மோனிக்ஸ் துடிப்பெண்களை உண்டாக்கும்.

Books Referred

1. The Physics of Music - by Alexander Wood. University Paper back published by Methuen & Co London.
2. The Physics of Music - by R. K. Vishwanathan published by, The Annamalai University, Annamalai Nagar.

இசை ஒலியும் அதன் அம்சங்களும்

முன்னுரை

ஒலி-இயல் என்பது இயற்பியலின் (physics) ஒரு கிளை. அது ஒலியின் பிறப்பையும் இயல்பையும் பற்றிய ஓர் ஆய்வு. ஒலியினை கிடைக்கப்பெறும் உருவமைப்பையும் அதன் அழகையும் பற்றியது இசை. ஆனால் ஒலி-இயல், ஒலியின் படைப்பு, அதன் பரவும் விதம், பற்றும் உணர்தல் பற்றியது.

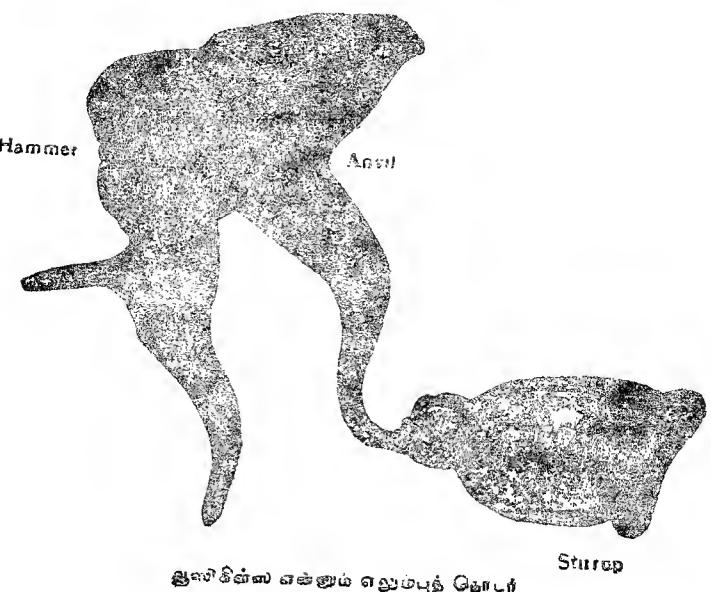
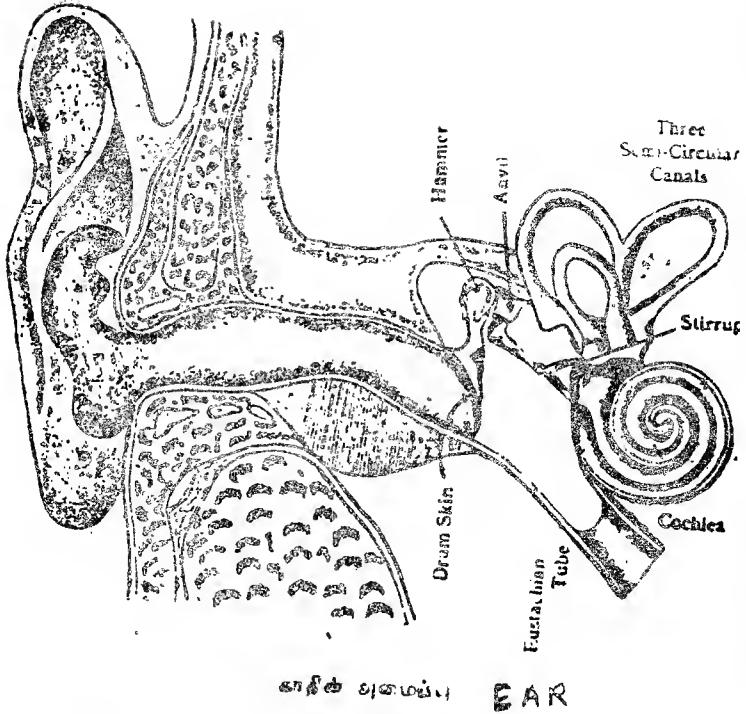
ஒலியானது ஒருவித அசைவால் உண்டாகிறது. இவ்வசைவை சில நேரம் கண்களால் பார்க்கமுடியும். உதாரணமாக - தம்பூரா அல்லது வீணையின் தந்தி மீட்டப்படும்போது, அது ஒரு ஒலியை உண்டாக்குகிறது. அதே சமயத்தில் தந்தி ஒரு பக்கத்திலிருந்து மற்ற நோரு பக்கம் அசைகிறது. தந்தியை விரலால் தொட்டால் அசைவு நின்றுவிடும், அதோடு ஒலியும் நின்றுவிடும். அதாவது ஒலியானது ஒரு பொருளின் அசைவால் உண்டாகிறது. துளைக்கருவிகளிலே ஒரு குழாயில் காற்று அசைவதால், தோல்க்கருவிகளிலே தோல் அசைவதால் ஒலி உண்டாகும்.

இசை ஒலியும் (musical sound) ஒசையும் (noise)

எல்லா ஒலிகளும் ஒரே தன்மையுடையவை அல்ல. நான் காணும் முதல் வித்தியாசம் ஒரு இசை பற்றான ஒலியும் இனிமையற்ற ஒசை யும். இசை பற்றான ஒலியில் கிரமமான ஒழுங்குமுறையில் தடிப்பு இருக்கும். ஒரு பலுள்ள வெடித்தாலோ, ஒருவர் அழுதாலோ உண்டாகும் ஒலி இனிமையற்ற ஒசை.

ஒலியின் படைப்பும் பரவும் விதமும்

ஒலியானது அசைவால் உண்டாகிறது என்று மேலே பார்த்தோம். வீணை அல்லது தம்பூராவின் தந்தியை மீட்டினால் அதன் அசைவினால் ஒலி உண்டாகிறது. அது ஒலிக்கும்போது அவ்வசைவு அடுத்துள்ள காற்றின் பகுதியை முன்னுக்கும் பின்னுக்குமாக அசைக்க



கிறது. ஓலியின் அதிர்வினால் இயக்கப்பட்ட காற்றின் ஒரு வரிசை தனக்கு அடுத்துள்ள காற்று வரிசையை அசைக்கிறது. அவ்வரிசை அடுத்த வரிசை காற்றை, இப்படியாக காற்று அனைத்தும் இயக்கப்பட்டு செவிக்குள் புகுந்து சவுவுத்தோலை தள்ளி அதிர்வு ஏற்படுத்துகிறது. சவுவுத்தோலின் அசைவு மூளைக்கு ஓலியாக பரவுகிறது.

இதில் நாம் காண்பது என்னவென்றால் காற்றின் பாளங்கள் நகர்ந்து போவதில்லை; அவை அந்த இடத்திலேயே முன்னும் சின்னுமாக அசைகிறது. அதாவது காற்றில் அடர்த்தியாகவும் தளர்ந்தும் இருக்கும். காற்றின் அடர்த்தியும் தளர்த்தியும் ஓலி அவை என்று அழைக்கப்படுகிறது. காற்றில் ஒரு கிளர்ச்சியே ஏற்படுகிறது, அது ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு இடம்பெயர்வு தில்லை; அது பாதையில் ஏற்படும் ஒரு நிலைமை. இதை நிருபிக்க கிழ்க்கண்ட சோதனை உதவும்.

சோதனை

காற்று மற்றும் தண்ணீர், இவ்விரண்டுமே ஓலியை பரப்புவதில் ஒரே தன்மையை பெற்றிருப்பதால் ஒரு கல்லை அமைதியாக இருக்கும் தண்ணீரில் போட்டால் வட்டவட்டமாக அலைகள் பரவுவதை நாம் பார்க்கிறோம். இவ்வட்ட அலைகள் கல் விழுந்த மையப்பகுதி யிலிருந்து வெளிப்புறம் நோக்கி பரவும். இதில் சின்ன-கின்ன காகிதங்களை மிதக்க வைத்தால் அவை மேலும் கீழுமாக மிதக்குமேயன்றி வெளிப்புறம் நோக்கி நகராது. கல் விழுந்த இடத்தில் அலைகள் வளிமையுடனும், வெளிப்புறம் போகப்போக, வளிமையிழுந்தும் இருக்கும்.

ஓலியினால் காற்றில் அதிர்வு ஏற்படும் போது கூட இதே நிலை மை உண்டாகிறது. அதாவது காற்றின் துகள் மேலும் கீழும் மிதக்கும். அதில் ஏற்படும் அதிர்ச்சியே பரவும், துகள் அல்ல.

குறுக்கு மற்றும் நெட்டலை பரப்புதல்

அலைகள் இரண்டு விதம் :

- (1) குறுக்கலைகள்.
- (2) நெட்டலைகள்.

பூருக்கலைகள்

துகள்கள் எத்திசையில் அசைன்றனவோ அதற்குச் செங்குத்தாக ஓலி பரவுவது குறுக்கலை என்று அழைக்கப்படும். ஒரு இழுத்துக்கூட்டப்பட்ட நரம்பு துடிக்கும்போது உண்டாவது குறுக்கு-அலைகள்.

குறுக்கு-அலை பரவுவதில் ஓலி அலையின் திசையும் துகள்கள் அசையும் திசையும் ஓன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும்.

ஒரு ஓலி கவட்டை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பளவு கொண்ட அதிர்வு-என்கள் படைக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ப-வடிவு கொண்ட இதற்கு கீழே பிடித்துக்கொள்ள ஒரு தண்டு போன்றது நீட்டிக்கொண்டிருக்கும். இதன் வளைவான இரு கோல்கள் தட்டினால் துடிக்கும்.

கோல்கள் துடிக்கும்போது காற்றுத் துகள்கள் அசைந்து அலை வடிவை பெறும். கோல்கள் துடிப்பு தொடர்ந்தால் துகள்களும் தொடர்ந்து அசையும். துகள்கள் அசையும் திசை கோல்கள் துடிக்கும் திசைக்கு செங்குத்தாக இருக்கும்.

நெட்டலை

துகள் அசையும் திசையிலேயே ஓலி பரவுவது நெட்டலை என்பதும்.

குறுக்கலையில், அதிர்வின் மிகவும் உயர்ந்த நிலை “முசடு” (crest) என்றும் தாழ்ந்த நிலை “அகடு” (trough) என்றும் சொல்லப்படும்.

சாதனம்

ஓலி பரவுவதற்கு சாதனம் தேவை. காற்றுகூட இல்லாத ஒரு வெற்றிடத்தில் ஓலி பரவமுடியாது. இதை ஒரு பரிசோதனை மூலம் நிருபிக்கலாம்.

மனி வடிவத்தில் உள்ள ஒரு ஜாடியை வாய்வாங்கியின் தகட்டின் மேல் வைத்துக்கொண்டு அதற்குள் மின்சார சக்தியினால் அடிக்கும் மனியைத் தொங்கவிட்டு மனி அடிக்குமாறு செய்யவேண்டும். கண்ணாடி பாத்திரத்தில் உள்ள காற்றை சாதனமாகக் கொண்டு ஓலி

பரவி நம்மை வந்துவிடயும். இப்பொழுது வாயுவாங்கியைக் கொண்டு வாயுவைக் கண்ணாடி பாதுகாப்புத்திலிருந்து வெளியேற்றி விட்டால் வரவர சுப்தம் குறைந்து, பிறகு எல்லாக் காற்றையும் வெளியேற்றி விட்டால் சுப்தம் முழுவதும் மறைந்துவிடும். இதிலிருந்து ஒவில் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு செல்ல காற்று சாதனமாக இருக்கிறது என்று அறியலாம்.

காற்றைப்போல கன பதார்த்தங்களும், திரவ பதார்த்தங்களும் ஒவில் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு பரவுவதற்கு சாதனங்களாக இருக்கின்றன. ஒரு நீண்கழியை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் அடிப்பாகத்தை ஒருவர் காதில் வைத்துக்கொண்டு மற்றொருவர் நுணிப்பாகத்தைச் சுரண்டினால், அதனால் உண்டாகும் ஒவியை அடிப்பாகத்தைக் காதில் வைத்துக் கொண்டிருப்பவர் கேட்கிறார்.

ஜலத்தில் ஓருவர் மூழ்கிக்கொண்டு ஒருவர் இரண்டு கற்களை மோதினால் அதனால் உண்டாகும் ஒவியை மற்றொருவர் கேட்கலாம். இவைகளால் ஒவில் பதார்த்தங்களின் மூலமாகப் பரவி நம்மை அடைகிறது என்பதை தெரிந்து கொள்கிறோம்.

ஒவியின் லக்ஷணங்கள்

ஒவிக்கு மூன்று அம்சங்கள் உள்ளன :

1. ச்ருதி (pitch)
2. அழுத்தம் அல்லது கனம் (intensity)
3. தன்மை (timbre)

ச்ருதி

இசை-ஒவிகள் ச்ருதிக்கு தக்கவாறு ஒரு க்ரமத்தில் அமைந்து கொள்கின்றன. இசையின் ஏற்றமூம் இறக்கமூம் ஒவியின் ச்ருதி மாறுதலை பொறுத்து உள்ளது. ஒரு ஸ்வரத்தின் உயர்ந்த அல்லது தாழ்ந்த நிலையையே ச்ருதி குறிக்கிறது. ச்ருதி என்பது துடிப்பு என்அல்லது இதிர்வெளன்னை கார்ந்து உள்ளது. ஒரு விளாடியில் ஏற்படும் அதிர்வெளை அதிர்வெளன். அதிர்வெளன் அதிகரித்தால் ச்ருதி யும் உயரும், குறைந்தால் ச்ருதியும் குறையும்.

அதிர்வெளன் என்பது ஒரு இயல்பான (physical) அளவு; ச்ருதி (pitch) என்பது மனித உணர்வைப் பொறுத்தது.

இரு ஸ்வரங்களிடையே அதிர்வெளன் 2 : 1 என்ற தொடர்பு இருந்தால், முதல் ஸ்வரம் இரண்டாவதின் தாரஸ்தாயி ஸ்வரமாக இருக்கும். இதை த்விகுணத்வம் என்பர். அதாவது உதாரணத்திற்கு மாற்யாஸ்தாயி அந்தரகாந்தாரம் 300 அதிர்வெளன் கொண்டதாக இருந்தால் தாரஸ்தாயி அந்தரகாந்தாரம் 600 துடிப்பு. பிரதி. நொடி. கொண்டதாக இருக்கும்.

ஒரு ஸ்வரம் மற்றொரு ஸ்வரத்தின் பஞ்சமம், மத்யமம் போன்று இருந்தால் அதன் ச்ருதி தொடர்புள்ளதாக (relative) கூறப்படும். அதன் துடிப்பு-எண் அல்லது அதிர்வெளன் கூறப்பட்டால் அந்த ச்ருதி முழுமையான அதாவது தொடர்பற்ற, அளவு கொண்டதாக இருக்கும். ஒரு ஸ்வரத்தின் ச்ருதி (pitch) அளவு துடிப்புகள். பிரதி. நொடி. என்று விவரிக்கப்படலாம் அல்லது மற்றொரு ஸ்வரத்துடன் தொடர்புள்ளதாக விவரிக்கப்படலாம்.

இத்தருணத்தில் “துடிப்பு” (vibration) மற்றும் “அதிர்வெளன்” என்ற சொற்களை விளக்குவது அவசியம்.

அதிர்வெளு (Vibration) :

ஒருமுறை இடத்திலிருந்து அசைந்து போய் திரும்பி வருவது துடிப்பு அல்லது அதிர்வெறு.

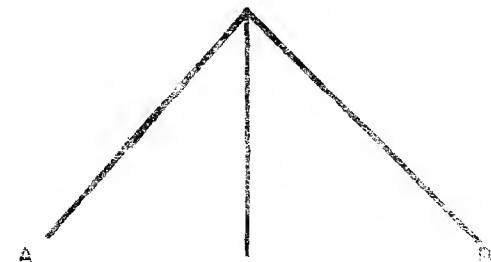


Fig. 1

படம் - 1 ல் ஒரு வஸ்து “A” விலிருந்து “B” ஸ்தானத்திற்கு போய் மறுபடி “A” விற்கு திரும்புவது ஒரு முழு துடிப்பு என்று கூறப்படும். இதற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படும் நேரம் அந்த வஸ்து வின் துடிப்பு-காலம் என்று கூறப்படும்.

அதிர்வூன் (Frequency) :

துடிக்கும் வஸ்துவினால் ஒரு நொடியில் செய்யப்படும் துடிப்பு கள் அதிர்வூன் என்றழைக்கப்படும். ஒரு வஸ்துவின் அதிர்வூன் 256 ஹெர்ட்ஸ் என்றால் அது ஒரு நொடியில் 256 துடிப்புகள் செய்யும். அதிர்வூன்னை குறிப்பிட கூறுகிறோம். 1 ஹெர்ட்ஸ் = 1 ஆவர்த்தம் அல்லது துடிப்பு. பிரதி. நொடி.

அழுத்தம் (Intensity)

ஒரு தமிழராவின் தந்தியை முதலில் லேசாக மீட்டவும். பிறகு தந்தியை அதன் ஒம்பு நிலையிலிருந்து நன்றாக இழுத்து பலத்துடன் மீட்டினால் இரண்டு ஒலிகளுக்குமிடையே, சுருதி ஒன்றாகவே இருந்தாலும், வித்தியாசம் நன்றாக கேட்கும். இரண்டாவது ஒலியின் அழுத்தம் அதிகம் இருப்பதை காண்கிறோம். ஒரு ஒலியின் அழுத்தம் துடிக்கும் வஸ்துவின் வீச்சை (amplitude) பொருத்து உள்ளது.

வீச்சு அதிகமாக இருந்தால் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்.

வீச்சு மாற்றத்திற்கு மிகை பெருக்கு (square) அல்ல அழுத்தம் மாறும். அதாவது, வீச்சு மூன்று மடங்கு அதிகரித்தால், ஒலியின் அழுத்தம் ஒன்பது மடங்கு அதிகரிக்கும். நமது வீடுகளில் ரேடியோ வில் ஒலியை பெருக்க வால்யூம் கண்ட்ரோல்" - என் திருப்புவதால் அலைகளின் வீச்சு அதிகரிக்கப்படுகிறது.

அழுத்தத்தை கணக்கீடு "டெளிபெல்" என்ற அளவுநிலை டயன் படுத்தப்படுகிறது. ஒரு சராசரி மனிதனின் காதுகளால் உணரமுடிகின்ற, அழுத்தத்தின் மிகக் குறைந்த மாறுதலின் அல்ல "ஒரு டெளிபெல்".

அழுத்தம் என்பது, தந்தி அமைதி நிலையிலிருந்து அசையும் அளவை பொருத்து உள்ளது. மேலும் அது சாதனத்தின் செறிமான அல்ல (density) மற்றும் ஒலி செய்யும் வஸ்துவிற்கும் கேட்பவர்க்கும் உள்ள தூரத்தை சார்ந்து உள்ளது.

செறிமான அல்ல அதிகமாக இருந்தால் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்.

(அ) ஒரு கரியமில வாய் carbon-di-oxide) உள்ள அறையில் மின்சாரமணியின் ஒசை அதிகமாக கேட்கும், டென்றால் சாதாரண காற்றின் செறிமான அல்ல கார்பன்டை-ஆக்ஸைடின் அளவை விட குறைந்ததாகும்.

(ஆ) காற்றில் ஈரப்பதம் அதிகமாக இருக்கும்போது ஒசை அதிகமாக இருக்கும். அதனால்தான் குளிர்காலத்தில் மிகத் தொலைவில் ஏற்படும் ஒசைகூட துல்லியமாக கேட்கும்.

காற்றின் போக்கு மற்றும் மற்ற ஒலி இயக்கும் வஸ்துகள் இருத்தல் அழுத்தத்தை பாதிக்கும்.

ஏராமா அரங்குகளில் காலியான பூத்தொட்டிகள் தலைகிழாக வைத்தால் அவை ஒலியை பெருக்கும். வெவ்வேறு அளவுகளில் தொட்டிகள் இருந்தால் ஒலி மேலும் அதிகரிக்கும்.

சுருதிக்கும் அதிர்வெண்ணுக்கும் வித்தியாசம் இருப்பதுபோல் அழுத்தத்திற்கும் (Intensity) முழுக்கத்திற்கும் (loudness) சிறு வித்தியாசம் உள்ளது. அழுத்தம் என்பது ஒலி அலைகளின் வலிமையை குறிக்கின்றது. முழுக்கம் என்பது அழுத்தமான ஒலிக்கு ஒரு தனிப்பட்ட (subjective) எதிருணர்ச்சி (response).

மேலே கூறிய வீச்சு என்பதின் விளக்கத்தை பார்ப்போம்.

வீச்சு (Amplitude) :

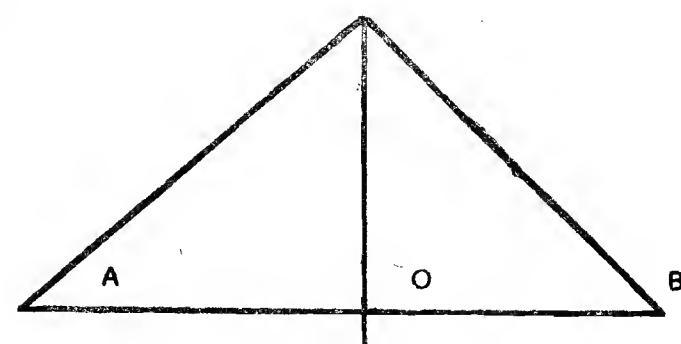


Fig. 2

ஒரு துகள் தன்னுடைய சம அல்லது ஒய்வு நிலையிலிருந்து, அதிர்வெண் காரணமாக, எவ்வளவு தூரம் இருப்பக்கழும் (OA மற்றும் OB) விலகுகின்றதோ அது வீச்சு என்று கூறப்படுகிறது. (படம் 2 பார்க்கவும்).

குறிப்பு :

1. காற்றின் எதிர்ப்பினால் அதிர்வின் வீச்சு குறையும்.
2. காற்று நீக்கப்பட்ட ஒரு பாத்திரத்தினுள் அதிர்வின் வீச்சு மாற்றாமல் இருக்கும்.

தன்மை அல்லது குணம்

ஸ்வரங்கள் தன்மையின் காரணமாகவும் வேறுபடலாம். ஒருவரின் குரல் மற்றவருடைய குரவிலிருந்து வேறுபடுவதும், ஒரு இசைக்கருவியின் ஒலி மற்றவொரு இசைக்கருவியிலிருந்து வேறுபடுவதும், தன்மையின் காரணமாகத்தான்.

ஒவிகள் ஒரே சுருதியும் ஒரே முழுக்கமும் கொண்டிருந்தாலும் அவை வீணையிலிருந்து வெவிவுந்தவை, புல்லாங்குழலிலிருந்து வெவிவுந்தவை என்றும் வேறுபடுத்திக் கூறலாம். ஒரு இசைக்கருவியின் உருபுகள் இருவகையான செய்கைகள் புரிகின்றன. சில ஒலி உன்டாக்குவதில் பணி புரிகின்றன, மற்றவை அதிர்வுகளை வார்ச்சி அவைகளை பெருக்குகின்றன. இவ்விரு வகையான உருபுகளும் எவ்வாறு சேர்ந்து பணி புரிகின்றன என்பதில் ஒரு கருவியின் தன்மை அடங்கி யீருக்கிறது. அதாவது ஒலி ஏற்படும் முறை, அதன் மூலம்பொருள்கள் மற்றும் அமைப்பை பொருத்து இருக்கிறது. ஒலியின் தன்மை மனிதனின் குரல் லாரிங்கஸ் (larynx) ன் அளவையும் வலிமையும் மற்றும் குரல்நாண்களின் நீளத்தையும் கார்ந்து இருக்கிறது.

ஒரு ஸ்வரத்தின் தன்மை அடிப்படை (fundamental) ஒலியுடன் கூடிய பரிவார சுருதிகளையும் (overtones), அவைகளின் தொடர்பு அதிர்வு எண்களையும் (relative frequencies) தொடர்பு அமுத்தங்களையும் (relative intensities) சர்க்கு இருக்கிறது என்று ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் என்ற விஞ்ஞானி விளக்கியுள்ளார். ஒரு ஒலி ஏற்படும் பொழுது அதில் அடிப்படை ஒலியும் (fundamental tone) மற்றும் உபரி சுருதிகள் அல்லது பரிவார சுருதிகள் (overtones or upper partials) இருக்கும். அடிப்படை ஒலியும் பரிவார சுருதிகளும் ஒரே மூலத்திலிருந்து தோன்றி, கலந்து ஒரு முழுமையான ஸ்வரத்தை உண்டாக்குகின்றன. பரிவார சுருதிகளின் அதிர்வு எண்கள் அடிப்படை ஒலியின் முழுமையான பெருக்கல் தோகையாக (integral multiple) இருந்தால் அவை ஹார் மோனிக்ஸ் (harmonics) என்று அழைக்கப்படும். பரிவார சுருதி

களின் எண்ணிக்கை, பண்டு மற்றும் அழுத்தம் — இவை மூன்றும் ஒலியின் தன்மையை நிர்ணயிக்கின்றன.

ஒரு ஒலியின் தன்மையை நிர்ணயிக்கும் மற்றொரு ஆக்கக்கூறும் உண்டு. இதை ஃபார்மென்ட் (formant) என்று கூறுவர். ஒரு கருவியை சார்ந்த அதிர்வெண்களின் வரிவான மற்றும் இடையறாத ஒரு வரிப்பட்டை (band of frequencies) ஃபார்மென்ட் எனப்படும். பரிவார சுருதிகள் தனித்தனியாகவும் அடிப்படை ஒலியை சார்ந்ததாகவும் உள்ளன. மேலும் அடிப்படை ஒலி மாறினால் அவை மாறும். ஆனால் ஃபார்மென்ட் அடிப்படை அதிர்வு எண்களின் மாறுதலுக்கு உட்பட்டதல்ல. வயலின் போன்ற கருவிகளின் ஃபார்மென்ட் புல்லாங்குழல், வீணை போன்ற கருவிகளின் ஃபார்மென்ட் டைவிட் வேறுபட்டிருக்கும். ஆனால் பல வீணை கருவிகளுள் அளவில் வேறுபட்ட வீணைகளின் ஃபார்மென்ட் வேறாக இருக்கின்றது.

ஒலியும் அதன் அம்சங்களைப்பற்றி அறிந்துகொள்ளும் தருணத் தில் சில கலைச்சொற்களைப்பற்றி தெரிந்துகொள்வது நன்மை.

அலையின் இயக்கம் (Wave-motion) :

வரிசையாக உள்ள துகள்களின் திரும்ப-திரும்ப இயங்குவதே அலை-இயக்கம் ஆகிறது. ஒரு துகளின் இயக்கம் அதற்கு அடுத்ததை இயக்குகிறது. இவ்வாறு அடர்த்தியாகவும் தளர்த்தியும் மாறிமாறி வருவது செவித்தோலை ஒலி அலையாக தொடுகிறது. இவ்வாறு ஒலி அலைகளின் தொடர் பரவுவது அலை தொடர் (wave train) என்றழைக்கப்படுகிறது. மேலும் முன் விவரித்த சோதனையின் மூலம் நாம் தெரிந்துகொண்டது என்னவென்றால் பரவுவது துகள்களில் ஏற்படும் கிளர்ச்சியேயன்றி துகள்கள் அல்ல.

அலை-நீளம் (Wave length) :

ஒலி உற்பத்தியாகும்பொழுது ஒரு தொடரான அடர்த்தியும் (compressions), தளர்த்தியும் (rarefactions) காற்றில் பரவி காதை வந்துடைகின்றன. தண்ணீரில் நாம் அலைகளை காணும் பொழுது அதில் ஏற்படும் முகடும் (crest) அகடும் (trough) ஒரு முழு அலையை உருவாக்குகின்றன. [படத்தை பார்க்கவும்]. எந்த இடத்தில் தண்ணீர் சமநிலையிலிருந்து உயர்த்தப்பட்டுள்ளதோ அது முகடு. அதேபோல் சமநிலையிலிருந்து கீழ் இறங்கியுள்ள இடம்

அகடு. கிளர்ச்சி ஏற்படும் இடத்தில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் ஒரு கட்டட அதே இடத்திலேயே இருக்கும். அது முகடு, அதனால் மேலும் கீழும் போகுமே ஒழிய இடம் பெயர்ந்து நகராது. முகட்டின் ஒரு ஸ்தானத்திலிருந்து அடுத்த முகட்டில் அதே ஸ்தாவத்திற்கு உள்ள நீளம் அலை நீளம் (wave length) அலை-நீளம் முகடு மட்டும் அன்றி அகட்டின் ஒரு ஸ்தானத்திலிருந்து அடுத்த அகட்டில் அதே ஸ்தானத்திற்கு உள்ள நீளத்தையும் குறிக்கும்.

தன்னிர்போல் காற்றிலும் அலை-நீளம் இரண்டு முகட்டிற்கு அல்லது இரண்டு அகட்டிற்கு நடுவே உள்ள நீளத்தை குறிக்கின்றது.

அலை-வீச்சு (Wave-amplitude) :

அதிர்வு ஏற்படுகையில் தன்னுடைய ஒய்வு நிலையிலிருந்து துகள் அகலும் நீளத்தின் உச்சவரம்பு அலை-வீச்சு என்றழைக்கப்படுகிறது.

அலை-வேகம் (Wave velocity) :

காற்றில் ஏற்படும் அதிர்வு எந்த வேகத்தில் முன்னேறுகிறதோ அதற்கு அலைவேகம் என்று பெயர். வேகத்தின் அளவு வழியின் (medium) செறிமானத்தையும் நிலையையும் சார்ந்துள்ளது. வழியில் வேறு வலிமையுள்ள சக்திகளோ தடங்கல்களோ இருந்தால், வேகம் குறைந்தும் அலைகளுக்கு திறந்த மார்க்கம் இல்லாமலும் இருக்கும். வழி (medium) இலோகாக இருந்தால் வேகம் அதிகரிக்கும். செறிமானம் அதிகரித்தால் வேகம் குறையும். அதனால் ஒலியின் வேகம் வழியின் தன்மையை பொறுத்திருக்கிறது.

ஒலியின் வேகம் — ஒரு நொடியில் ஒலி பரவும் தூரம் ஒலியின் வேகம் என்று கூறப்படும்.

ஒலி-வேகம் (V) = அதிர்வு எண் (f) × அலை-நீளம் (l).

(Velocity = frequency × wave length).

அலை-ப்ரதிபலித்தல் (Reflection of waves) :

ஒலி ப்ரதிபலிப்பதால் எதிரொலிகள் உண்டாகின்றன. எந்த தளம்மேல் பட்டு ஒலி ப்ரபலனம் அடைகின்றதோ அந்த தளம் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்திற்கு மேல் இருந்தால்தான் எதிரொலி கேட்கும். பிரதிபலனம் ஏற்படும் தளம் வளைவடிவம் பெற்றிருந்தால் ஒலி-அலைகள் ஒருமூகப்பட்டு ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தை நோக்கி செல்லும்.

அலை-வக்கரிப்பு (Refraction of waves) :

நேர்கோட்டில் சென்றுகொண்டிருக்கும் ஒரு ஒலியின் பாதை வளைவது வக்கரிப்பு என்றழைக்கப்படுகிறது. இந்த வக்கரிப்பிற்கு காரணம் வழியில் செறிமணம் மற்றும் வேறு நிலைகள் மாறி ஒலியின் வேகம் மாறுவதே தட்பவெப்ப நிலை (temperature) மாறுவதும் ஒரு காரணம். வெப்பநிலை மாறுவதால் வழியின் செறிமானம் மாறுகிறது. வெப்பநிலை அதிகரித்தால் செறிமானம் குறைந்து வேகம் அதிகரிக்கும். வெப்பநிலை குறைந்தால் செறிமானம் அதிகரித்து ஒலி-வேகம் குறையும். வெப்பநிலை மாறுதலால் அலை-வக்கரிப்பு உண்டாவது ஸ்ரவஸாதாரனம்.

காற்றினாலும் வக்கரிப்பு உண்டாகும். ஒலி பரவும் திசையிலேயே காற்று அடித்தால் ஒலி கலபமாக பரவும். தரையிலிருந்து உயரப்போனால் ஒலி-வேகம் மாறும். உயரே போக காற்றின் அழுத்தம் குறையும், தடங்கல்களும் இருக்காது. இதனால் ஒலி-வக்கரிப்பு ஏற்படும்.

வெவ்வேறு வழியாக (medium) செல்லும் ஒலியின் அதிர்வு-எண் மாறாது. அதன் அலை-நீளம் மாறி அதனால் ஒலி-வேகம் மாறும்.

பாடம் எண் — 2b

அதிர்வு-எண்ணும் இடைவெளியும்

ஒரு ஸ்வரத்தின் இயற்பியல் சார்ந்த நிலை (physical state) அதன் அதிர்வு-எண் அல்லது துடிப்பு-எண் மூலம் விவரிக்கப்படுகின்றது. துடிப்பு-எண் என்பது ஒலி-ஏற்படுத்தும் வஸ்து ஒரு நொடியில் செய்யும் அதிர்வுகள்.

ஒரு ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் ஆனது அதை உண்டாக்கும் தந்தியின் நீளத்தை சார்ந்தும் கூறப்படுகிறது. அப்பொழுது ஆதார ஷட்ஜித்தின் அதிர்வு-எண் ஒன்று (1) என்று எடுத்துக்கொள்ளப்படும். இவ்வாறு கொடுக்கப்படும் அதிர்வு அல்லது துடிப்பு-எண் “தொடர் துடிப்பு-எண்” (Relative frequency) அல்லது “துடிப்பு-எண் விகிதம்” என்று அழைக்கப்படுகிறது. அதிர்வு அடையும் கம்பியின் நீளங்கள் இருப்பதனால், துடிப்பு-எண்கள் இவ்வாறு தொடர்பை பெற்றுள்ளன.

உதாரணமாக, தாரஸ்தாயி ஷட்ஜித்தை ஒலிக்கும் தந்தியின் நீளம், மத்ய-ஸ்தாயி ஷட்ஜித்தை ஒலிக்கும் தந்தியின் நீளத்தைவிட

பாதி. மத்ய ஸ்தாயி ஷட்ஜத்தை ஓலிக்கும் தந்தியின் நீளம் “1” என்று எடுத்துக்கொண்டால், அதன் துடிப்பு-எண் பொதுவாக,

$$1 \div L = 1 \div 1 = 1, \text{ என்று கூறலாம்.}$$

தாரஸ்தாயி - ஷட்ஜத்தை ஓலிக்கும் தந்தியின் நீளம் பாதியாக இருக்கிறது. அதாவது $1 \times 1/2 = 1/2$.

அதன் துடிப்பு-எண்,

$$1 \div 1/2 = 2.$$

அதனால் மத்யஸ்தாயி - ஷட்ஜத்தின் துடிப்பு-எண் 1 என்று எடுத்துக்கொண்டால், தாரஸ்தாயி - ஷட்ஜத்தின் துடிப்பு-எண் 2 ஆக இருக்கும்.

இதேபோல மற்ற ஸ்வரங்களை ஓலிக்கும்பொழுது தந்திகளின் நீளங்களின் விகிதத்தை அளவெடுத்தால் அவற்றின் துடிப்பு-எண் களை கணக்கிடலாம். இவற்றின் பட்டியல் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

எண்	ஸ்வரஸ்தானம்	துடிப்பு-எண் விகிதம்
1.	ஷட்ஜம்	1
2.	சுத்த-ரிஷபம்	16/15
3.	சதுக்சருதி-ரிஷபம்	9/8
4.	ஸாதாரண-காந்தாரம்	6/5
5.	அந்தர-காந்தாரம்	5/4
6.	சுத்த-மத்யமம்	4/3
7.	ப்ரதி-மத்யமம்	64/54
8.	பஞ்சமம்	3/2
9.	சுத்த-தைவதம்	8/5
10.	சதுச் ச்ருதி-தைவதம்	27/16
11.	கைசிகி-நிஷாதம்	9/5
12.	காகலி-நிஷாதம்	15/8

இசை-இடைவெளி (Musical Interval) :

இரண்டு ஸ்வரங்களின் துடிப்பு-எண்களின் விகிதம் இசை-இடைவெளி எனப்படும். இந்த இடைவெளியின் அளவு ஒன்றுக்கு மேற்பட்டும் இரண்டிற்கு குறைவாகவும் இருக்கும். இடைவெளியானது உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணை, தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணால் வகுக்கால் கிடைக்கும்.

$$\text{I (இடைவெளி)} = F-H \text{ (உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு எண்)} \div F-L \text{ (தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு எண்)}.$$

தாரஸ்தாயி, ஷட்ஜத்திற்கும் சதுச் ச்ருதி-ரிஷபத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி,

$$9/8 \div 1 = 9/8.$$

பஞ்சமத்திற்கும் - சுத்த மத்யமத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி,

$$3/2 \div 4/3 = 3/2 \times 3/4 = 9/8.$$

பஞ்சமத்திற்கும் (3/2), தாரஸ்தாயி ஷட்ஜத்திற்கும் (2) உள்ள இடைவெளி,

$$2 \div 3/2 = 2 \times 2/3 = 4/3.$$

ஞிப்பு: இந்த கடைசி கணக்கில் இடைவெளியின் அளவு 4/3.

“4/3” என்பது மத்யஸ்தாயி சுத்த மத்யமத்தின் துடிப்பு-எண்ணும் ஆகும். அதனால் நாம் “4/3” என்னும் பின்ன-எண்ணை பார்த்தவுடன் அது சுத்தமத்யமத்தின் துடிப்பு-எண்ணின் அளவுதான் என்று அவசரப்படக்கூடாது. அது கீழ்க்கண்ட ஸ்வர இடைவெளி களாகவும் இருக்கலாம்,

$$(அ) \text{ பஞ்சமம் - தாரஸ்தாயி-ஷட்ஜம் } (2 \div 3/2) = 4/3.$$

$$(ஆ) \text{ ஷட்ஜம் - மத்யமம் } (4/3 \div 1) = 4/3.$$

$$(இ) \text{ சதுச் ச்ருதி ரிஷபம் - பஞ்சமம் } (3/2 \div 9/8) = 4/3.$$

சில இடைவெளி அளவுகள், அவை விவரிக்கும் ஸ்வரங்களின் பெயராலேயே அழைக்கப்படுகின்றன.

2 = ஸ்தாயி [ஷ்ட்ஜம் — தாரஸ்தாயி ஷ்ட்ஜம்]

4/3 = ஸ-ம [ஷ்ட்ஜம் — பஞ்சமம்]

3/2 = ஸ-ப [ஷ்ட்ஜம் — சுத்தமத்யம்]

5/3 = ஸ-க [ஷ்ட்ஜம் — அந்தரகாந்தாரம்]

9/8 = சதுச்ருதி [ஷ்ட்ஜம் — சதுச்ருதி ரிஷபம்]

ஆனால் மேலே கூறியபடி இதே இடைவெளி - அவ்வுகள் வேறு சில ஸ்வரங்களிடையே நிலவும் இடைவெளிகளையும் குறிப்பிடலாம்.

மேலே கூறியுள்ள $I = F \cdot H \div F \cdot L$ என்பதை வைத்துக் கொண்டு தெரியாத ஏதாவது ஒரு அம்சத்தை கணக்கிடமுடியும். உதாரணத்திற்கு, தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் இதிர்ப்பு-எண்ணும், இரண்டு ஸ்வரங்களின் இடைவெளியும் தெரிந்தால், உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணை கண்டுபிடிக்க முடியும்.

$$FH = I \times FL$$

அதேபோல் உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணும் இடைவெளி அளவும் தெரிந்தால், தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பு-எண்ணை கண்டுபிடித்துவிட முடியும்.

$$FL = FH \div I.$$

இதை வைத்துக்கொண்டு மந்த்ரஸ்தாயி மற்றும் தாரஸ்தாயி களிலுள்ள ஸ்வரஸ்தானங்களின் துடிப்பெண்களை கண்டுபிடிக்க லாம். உதாரணமாக, மந்தர-ஸ வின் துடிப்பெண் $1/2$ என்பதை கீழ்க்கண்டவாறு கண்டுபிடிக்கலாம்.

FH , மத்ய-ஸ வின், அதாவது உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பெண் = 1.

I, இடைவெளி அதாவது ஸ்தாயி இடைவெளி = 2.

FH , மத்ய-ஸ வின், அதாவது உயர்ந்த ஸ்வரத்தின்

$$\text{துடிப்பெண்} = 1.$$

I, இடைவெளி அதாவது ஸ்தாயி இடைவெளி = 2.

FL, மந்த்ர-ஸ வின் அதாவது தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பெண் = $1 \div 2 = 1/2$.

அதேபோல், மந்த்ர-ப வின் துடிப்பெண் = $3/2 \div 2 = 3/2 \times 1/2 = 3/4$.

அதேபோல் தாரஸ்தாயி - அந்தரகாந்தாரத்தின் துடிப்பெண் $5/2$ என்பதை கீழ்க்கண்டவாறு கண்டுபிடிக்கலாம்.

FL, அந்தரகாந்தாரத்தின் அதாவது தாழ்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பெண் = $5/4$.

I, ஸ்தாயி இடைவெளி = 2.

FH, தாரஸ்தாயி - அந்தரகாந்தாரத்தின் அதாவது உயர்ந்த ஸ்வரத்தின் துடிப்பெண் = $5/4 \times 2 = 5/2$.

பாடச் சென் — 2c

1. இயற்கை மற்றும் தூண்டப்பட்ட அதிர்வுகள்
(Free & Forced Vibrations)

இமுத்துக்கட்டப்பட்ட ஒரு தந்தி, மீட்டியவுடன், துடிக்கத் தொடங்கும். மேலும் ஒய்வு அடையும் வரை துடித்துக் கொண்டே யிருக்கும். இத்தந்திக்கே இயற்கையான இந்த துடிப்பு இயற்கை துடிப்பு அல்லது இயற்கை அதிர்வு எனப்படும். துடிக்கும் காலமும் (period) இயற்கை காலம் அல்லது சுதந்திர காலம் (free period) எனப்படும். ஆனால் இதே தந்தி, வேறு துடிப்பு காலம் கொண்ட மற்றொரு தந்தியை துடிக்கத் தூண்டினால் அது தூண்டப்பட்ட (forced vibration) எனப்படும்.

ஒரு கம்பியை இரு கொக்கிகளிடையே இமுத்துக்கட்டி மீட்டுக் கள். அதே மாதிரியான இன்னொரு கம்பியை ஒரு தண்டி அல்லது ரூடும் போன்ற ஒலி-பலகை மேல் இமுத்துக்கட்டுக்கள். இந்த

இரண்டாவது தந்தி ஏற்படுத்தும் ஒலி வலிமையாகவும் ரஞ்சகமாகவும் இருக்கும். ஏனென்றால் தந்தியின் துடிப்பு ஒலிப்பலகையில் துடிப்பு ஏற்படுத்துகிறது. ஒலிப்பலகையின் துடிப்பு தூண்டப்பட்ட துடிப்பு என்று கூறப்படும்.

2. உடனியக்கத் துடிப்பு அல்லது உடனியக்கம் (Sympathetic Vibration or Resonance)

இரு வஸ்து, அதே துடிப்பு-என் கொண்டுள்ள மற்றொரு வஸ்துவின் துடிப்பினால் இயக்கப்பட்டு துடிப்பது உடனியக்கத் துடிப்பு அல்லது உடனியக்கம் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

பரிசோதனை (Experiment) :

இரண்டு தந்திகள் A மற்றும் B ஐ ஒரு ஸோனோமீட்டரில் கட்டுங்கள். குதிரை மூலம் அவைகளின் நீளத்தை சரிசெய்து இரண்டு தந்திகளிலிருந்து எழும்பும் ஒலி ஒன்றாக ஒலிக்கவேண்டும். ஒரு தந்தியின் மேல் ஒரு சிறு காகிதத்தை மடித்து வைத்துவிட்டு மற்ற தந்தியை மீட்டுங்கள். காகிதம் பட்படக்கத் தொடங்கி பறந்து வெளியே விழக்கூடும். அதன் பின்பும் அந்த தந்தி அசைந்து கொண்டேயிருக்கும். அதாவது மீட்டிய தந்தியை நிறுத்தின பிறகு கூட மீட்டாத தந்தி அசைந்து கொண்டேயிருக்கும். ஆனால் அதன் மூழக்கம் சற்று குறைவாக இருக்கும். அதிர்வு-என் மட்டும் இரண்டிற்கும் ஒன்றுப்போலவே இருக்கும். முதல் தந்தியின் துடிப்பினால் தூண்டப்பட்ட இரண்டாவது தந்தியின் துடிப்பு உடனியக்கத்துடிப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது.

உடனியக்கத் துடிப்பு என்பது பக்கத்தில் இருக்கும் இரண்டு தந்திகளில், ஒன்று இன்னொன்றின் சுருதிக்கோ அல்லது அதன் பார்வார சுருதி ஒன்றிற்கோ சேர்க்கப்பட்டால், அப்பொழுது மற்ற தந்தி மீட்டப்பட்டால் முதல் தந்தியும் தானே அசையும். இதற்கு மிகவும் எளிதான உதாரணம் தம்பூரா. தம்பூராவில் ஸாரனியை மீட்டினால் அனுஸாரணி தந்தி தானே துடிக்கும்.

உடனியக்கத்துக்கும் தூண்டப்பட்ட அதிர்வுக்கும் வித்தியாசம்

1. உடனியக்கத்தில் ஒலிக்கும் இரண்டு வஸ்துக்களின் அதிர்வு-என்கள் ஒன்றாக இருக்கவேண்டும். தூண்டப்பட்ட அதிர்வில் அவை வேறாக இருக்கவேண்டும்.

2. உடனியக்கத்தில் இரண்டாவது வஸ்துவின் அதிர்வு அதிகமாகவும், தூண்டப்பட்ட அதிர்வில் குறைவாகவும் இருக்கும்.
3. உடனியக்கத்தில் இரண்டாவது வஸ்துவின் அதிர்வு சாதாரணமாக கண்ணிற்கு தென்படும். ஆனால் தூண்டப்பட்ட அதிர்வில் அப்படி இல்லை.

3. விம்மல்கள் (Beats)

ஏற்குறைய அதே அதிர்வு-என் கொண்ட இரண்டு ஒலிகள் கேட்கும்போது, இரண்டு தனி ஒலிகளாக கேட்காமல், ஒரு ஒலி கேட்கும். ஆனால் அதன் மூழக்கம் ஏற்யும் இறங்கியும் இருக்கும். இதனை விம்மல்கள் (beats) என்பர். இவை ஒருவித விவாதி உணர்ச்சியை ஏற்படுத்தும். அதாவது இவ்விரு த்வணியினுடைய அதிர்வெண்களின் நடுவே ஒரு அதிர்வு-என் கேட்கும். மேலும் அதன் மூழக்கம் க்ரமமாக ஏற்யும் இறங்கியும் இருக்கும் — இதே விம்மல்கள்.

ஒரு வினாடியில் கேட்கப்படும் விம்மல்கள், அவ்விரு ஸ்வரங்களின் அதிர்வு-என்களின் வித்தியாசம்.

அதிர்வு-என்களின் வித்தியாசம் குறைவாக இருந்தால் விம்மல்கள் குறைந்து இருக்கும். வித்தியாசம் அதிகரித்தால் விம்மல்கள் விரைவாக இருக்கும். குறைவாக இருக்கும்போது விம்மல்கள் கேட்பதற்கு நாரசாரமாக இருக்காது. விரைவாக இருக்கும்போது கேட்பதற்கு இனிமையற்றதாக இருக்கும். மேலும் விரைவடையும் போது நாராசம் குறையத் தொடங்கும். ஏனென்றால் மற்றொரு ஒலி அடுத்த ஸ்வர-நிலைக்கு ஏற்கிடும்.

பரிசோதனை

ஸோனோமீட்டரில் இரு தந்திகளின் நீளத்தை குதிரையின் இடம் மாற்றுவதன் மூலம் சரிசெய்து இரண்டையும் ஒரே ச்சுருதியில் ஒலிக்குமாறு செய்யவும். இப்பொழுது ஒரு தந்தியின் ச்சுருதியை சிறிது மாற்றி இரண்டையும் மீண்டும் மீட்டுங்கள். கொஞ்சம் கொஞ்சமாக விம்மல்கள் கேட்கத்தொடங்கும். தந்தியின் பிருவை அதிகமாக்குங்கள். இப்பொழுது விம்மல்கள் குறைவாக உள்ளனவா அல்லது விரைவாக உள்ளனவா என்று பாருங்கள். விரைவாக இருந்தால் ச்சுருதி வித்தியாசம் அதிகமாகிக் கொண்டிருக்கிறது என்று அர்த்தம். இப்பொழுது தந்தியின் பிருவை குறைத்து விம்மல்கள்

நீங்குமாறு செய்யுங்கள். விம்மல்கள் நீங்கிவிட்டால் இரு தந்திகளும் ஒரே ச்ருதியில் இருக்கின்றன என்று அர்த்தம்.

சோதனை : இரு அதிர்வூ-என்களுக்கும் உள்ள வித்தியாசம் தான் ஒரு வினாடியில் கேட்கப்படும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை.

உதாரணமாக 240 மற்றும் 244 அதிர்வூ-என்கள் கொண்ட A மற்றும் B என்ற இரண்டு ஒலி கவட்டகளை எடுத்துக் கொள்ளுங்கள். அவைகளை ஒலிக்கச் செய்யுங்கள். 1/8 வது வினாடி கழிந்த பிறகு “A” 30 அதிர்வூகள் ஏற்படுத்தியிருக்கும். மற்றும் “B” 30.5 அதிர்வூகள் ஒலி அழுத்தம் குறைவாக இருக்கும். 1/4 வது வினாடி கழிந்த பிறகு A 60 அதிர்வூகள் மற்றும் B 61 அதிர்வுகளும் முடித்திருக்கும். இப்பொழுது அழுத்தம் அதிகமான ஒலி கேட்கும்.

அதாவது 1/4 வினாடி முடியும் பொழுது ஒரு குறைவான-அழுத்தம் கொண்ட ஒலியும் ஒரு அதிக-அழுத்தம் கொண்ட ஒலியும் கேட்கும். ஒரு வினாடி முழுமையாக முடியும் பொழுது 4 அதிக-அழுத்தமும் 4 குறைவான அழுத்தமான ஒலிகளும் கேட்கும். ஒலி ஒரு வினாடியில் 4 முறை வளர்ந்தும் 4 முறை தேய்ந்தும் கேட்கும், அதாவது 4 விம்மல்கள் கேட்கும். இங்கே இரண்டு அதிர்வூ-என்களின் வித்தியாசம் (244-240) – 4; அதனால் ஒரு வினாடியில் கேட்கப்படும் விம்மல்களின் எண்ணிக்கை இரு அதிர்வூ-என்களின் வித்தியாசமே ஆகும். இரு ஒலிகளின் அதிர்வூ-என்கள் 240 மற்றும் 230 ஆக இருந்திருந்தாலும் நான்கு விம்மல்கள் கேட்கும்.

கலந்தொலிகள் (Combination Tones)

x மற்றும் y அதிர்வூ-என் கொண்ட இரண்டு ஒலிகள் எடுத்துக் கொள்ளுங்கள். அவை இரண்டும் சேர்ந்து ஒலிக்கப்படும்பொழுது வேறு அதிர்வூ-என்கள் கொண்ட பல ஸ்வரங்கள் உண்டாவதை ஆய்வு மூலம் காணலாம். இவை கலந்தொலிகள் அல்லது சேர்க்கை-தவணிகள் எனப்படும். அடிப்படை ஸ்வரத்துடன் உண்டாகும் பரிவார ச்ருதிகள் வேறு, இந்த சேர்க்கை தவணிகள் வேறு. கலந்தொலிகள் இரு வகைப்படும்.

- (1) கழித்தல் தவணிகள் (Difference Tone)
- (2) கூட்டல் தவணிகள் (Summation Tone).

டார்டனி (Tartani) என்ற பிரபல வயலின் கலைஞர் இவ்வித தவணிகளை அடையாளம் கண்டார். ஆதலால் இவை டார்டனி ஸ்வரம் என்று கூட அழைக்கப்படும். இத்தவணிகளை பொது வாழ்க்கையிலும் காணலாம். உதாரணமாக, போலிஸ்காரனின் ஊதல். இந்த ஊதலில் வெவ்வேறு நீளம் கொண்ட இரு குழாய்கள் இருக்கும். ஆனால் ஊதும் துளை பொதுவாக இருக்கும். இதை ஊதும் பொழுது காற்று புகுந்து இரு தவணிகள் ச்ருதி கொண்ட ஒலிகளை உண்டு பண்ணும். அவை இரண்டும் சேர்ந்து அதிக முழுக்கம் கொண்டு தவணி கேட்கும்.

உதாரணமாக 550 மற்றும் 320 அதிர்வூ-என்கள் கொண்ட இரு ஸ்வரங்கள் ஒலிக்கப்பட்டால், 870 (550 + 320) அதிர்வூ-என் கொண்ட ஒரு தவணி மற்றும் 230 (550 – 320) அதிர்வூ-என் கொண்ட மற்றொரு தவணியும் கேட்கும். கிடைக்கப்பெற்ற இரு தவணிகள் முதலியவற்றின் சேர்க்கையினால் மேலும் சில சேர்க்கை தவணிகள் கிடைக்கும். உதாரணம், 550+230, 320+870, 870 – 230. அடிப்படை ஸ்வரத்தின் பரிவார ச்ருதிகளும் இவைகளுடன் சேர்ந்து மேலும் பல்வேறு தவணிகளை உண்டாக்கும்.

கழித்தல் தவணிகள் (Difference Tones) :

(x-y) அல்லது (y-2x)-இருந்து வரும் ஸ்வரம் முதல் கழித்தல்-தவணி எனப்படும். சேர்க்கை தவணிகளில் இதுதான் வலிமை வாய்ந்தது. (x-y) மற்றும் “y” சேர்ந்து ஒரு கழித்தல்-தவணி (x-2y) கொடுக்கும். இது இரண்டாவது கழித்தல்-தவணி. இப்படியாக கணக்கில்லா கழித்தல்-தவணிகள் கிடைக்கக்கூடும்.

உதாரணமாக,

(x-y) (x-2y) (x-3y) (x-4y)

(y-x) (y-2x)

அல்லது

கூட்டல் தவணிகள் (Summation Tones)

இதேபோல் கூட்டல்-தவணிகளும் கிடைக்கப்பெறும். அவை களின் அதிர்வூ-என்கள் (x + y) (x + 2y) ... (y + 2x) ... etc. கூட்டல்-தவணிகளின் எண்ணிக்கையும் மிக அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் முதல் கழித்தல்-தவணி தான் நன்றாக கேட்கும், ஆனால்

அடிப்படை இரு ஸ்வரங்களைவிட வலிமையற்றதாக இருக்கும். இரண்டாவது, மூன்றாவது கழித்தல்-தவணிகள் மற்றும் ஏனைய கூட்டல்-தவணிகள் குறைவான முழுக்கத்தை கொண்டதாக இருக்கும். அதனால் செவிக்கு கேட்காமல் கூட இருக்கலாம்.

பாடம் எண் — 2d

பரிவார சுருதிகளும் ஹார்மானிக்ஸம்
(Upper Partials and Harmonics)

ஒரு ஸ்வரம் எனிமையாக அணிகலன் இல்லாமல் இசைக்கப்படலாம் அல்லது அழகாக அந்த ராகத்திற்கு ஏற்ப கமகங்களுடன் கூடி இசைக்கப்படலாம். ஒரு துடிக்கும் தந்தியிலிருந்து எழும்பும் ஸ்வரத் தில் அடிப்படை ஒலிக்கும் மேல் வரிசையாக உயர்-ச்ருதி கொண்ட ஒலிகள் காண்கிறோம். அவை ஹார்மானிக்ஸ் அல்லது பரிவார ச்ருதிகள் என்றழைக்கப்படுகின்றன. ஆனால் எல்லாவற்றையும் விட குறைந்த ச்ருதியுடைய அடிப்படை-தவணிகள் அதிக முழுக்கத்துடன் இருக்கும்.

இமுத்துக்கட்டப்பட்ட ஒரு தந்தியை நாம் மீட்டினால் அது முழு நீளத்துடன் துடிப்பதைத் தவிர பல கூறுகளாக அசைவதையும் காண்கிறோம். தந்தி 2 அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பாகங்களாக பங்குபோட்டுக் கொண்டு அசையும். ஒரு பாகமும் மற்றதும் சேரும் இடம் முடி (node) யாக இருக்கும். இத்துடிப்புகள் எல்லாம் ஒரே அல்லது சம காலத்திலேயே இருக்கும். மேலும் இவைகளிலிருந்து எழும்பும் ஒலிகளும் கலந்து ஒன்றாக கேட்கும்.

தந்தியானது முழு நீளத்துடன் துடிக்கும்; அதற்கு மேல் 2, 3, 4, 5 முதலிய பாகங்களில் துடிக்கும். முழு நீளத் தந்தியின் துடிப்பால் எழும்பும் ஆதார ஷ்ட்ஜம் மிகவும் அதிக முழுக்கத்துடன் கேட்கும், மற்றவை பரிவார ச்ருதிகள் அல்லது உபரி-தவணிகள் எனப்படும். [படங்களை பார்க்கவும்]. $1 : 2 : 3 : 4 : 5$ விகிதத்தில் இருக்கும் அடிப்படை ச்ருதியும் மற்றும் பரிவார ச்ருதிகளும் சேர்ந்து ஹார்மானிக்ஸ் எனப்படும்.

உதாரணமாக,

(1) முதல் உபரி-ச்ருதி, முதல் அதாவது அடிப்படை ச்ருதி யான “ஸ்”வின் துடிப்பை விட இருமடங்கு துடிப்பு-எண் கொண்ட தாரஸ்தாயி “ஸ்”.

- (2) இரண்டாவது உபரி-ச்ருதி, அடிப்படை “ஸ்”வை விட மூன்று மடங்கு துடிப்பு-எண் கொண்ட தாரஸ்தாயி — பஞ்சம்.
- (3) மூன்றாவது உபரி-ச்ருதி அடிப்படை “ஸ்” வை விட நான்கு மடங்கு துடிப்பு-எண் கொண்ட அதி தாரஸ்தாயி-ஷ்ட்ஜம்.
- (4) நான்காவது உபரி-ச்ருதி அடிப்படை “ஸ்” வை விட ஐந்து மடங்கு துடிப்பு-எண் கொண்ட அதி தாரஸ்தாயி-காந்தாரம்.

இப்படியாக ஹார்மானிக்ஸ் க்ரமத்தில் இருக்கும் ச்ருதிகளின் தொடர்பு துடிப்பு-எண்கள் $1 : 2 : 3 : 4 : 5$ என்ற விகித க்ரமத்தில் இருக்கின்றன. இந்த விகித-க்ரமத்தில் அடங்காத உபரி-ச்ருதி களும் இருக்கும். அவை உபரி-ச்ருதிகள் என்றே கூறப்படும், ஹார்மானிக்ஸ் ஏன்று அல்ல. உதாரணத்திற்கு, துடிக்கும் தந்தி $2\frac{1}{2}$ பாகங்களில் துடித்தால் அது ஹார்மானிக்ஸ் ஆகாது.

பண்டைய ஸம்ஸ்க்ருத இசை-க்ரந்தங்களில் குறிப்பிட்டுள்ள “ஸ்வயம்பூ-ஸ்வரம்” என்பது ஹார்மானிக்ஸ் தான்.

நன்றாக ச்ருதி கூட்டப்பட்ட ஒரு தம்பூராவை மீட்டினால், மந்த்ரஸ்தாயி-ஷ்ட்ஜத்திற்கு ச்ருதி சேர்த்த நாலாவது தந்தியில் அந்தரகாந்தாரம் பரிவார ச்ருதியாக கேட்கும். இந்த அந்தரகாந்தாரம் தாரஸ்தாயியை சேர்ந்ததாக இருக்கும். இதை கீழ்க்கொடுக்கப்பட்டுள்ள கணக்கின் மூலம் புரிந்துகொள்ளலாம்.

$$\text{மந்த்ர-ஸ வின் அதிர்வு-எண்} = \text{மத்ய-ஸ வின் அதிர்வு-எண்} \div 2 \\ = 1 \div 2 = 1/2.$$

இந்த தந்தியில் எழும்பும் ஹார்மானிக்ஸ், $1 : 2 : 3 : 4 : 5$ விகிதத்தின்படி,

$$\text{முதல் ஹார்மானிக்} = 1/2 \times 1 = 1/2 \text{ (மந்த்ர-ஸ)} \\ \text{இரண்டாவது ஹார்மானிக்} = 1/2 \times 2/1 = 1 \text{ (மத்ய-ஸ)}$$

முன்றாவது ஹார்மானிக் $= 1 \times 3/2 = 3/2$ (மத்ய-ப)

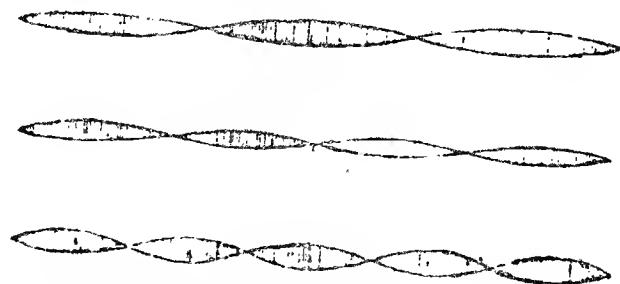
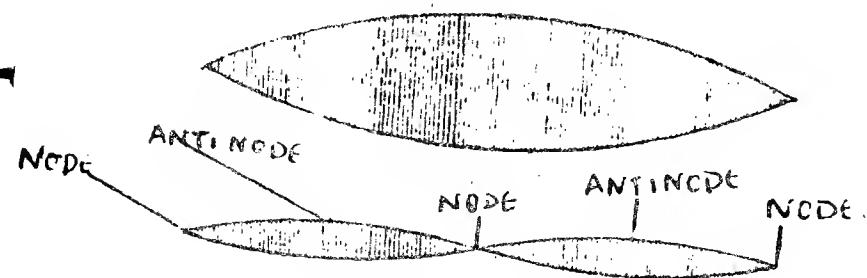
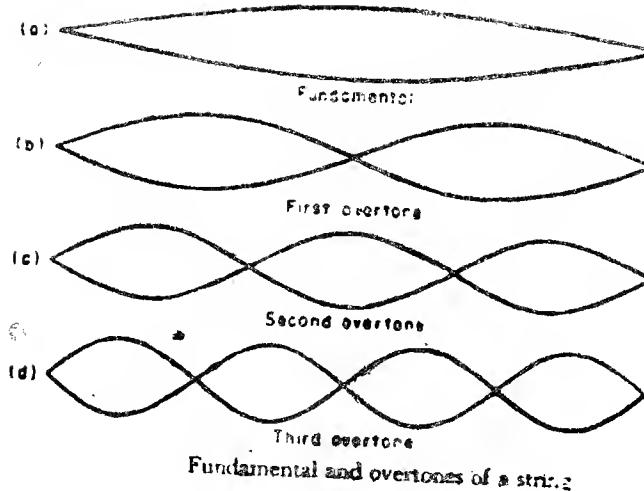
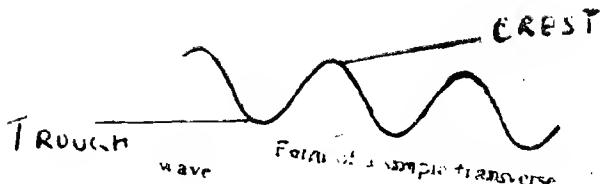
நான்காவது ஹார்மானிக் $= 3/2 \times 4/3 = 2$ (தார-ஸ)

ஐந்தாவது ஹார்மானிக் $= 2 \times 5/4 = 5/2$ (தாரஸ்தாயி-அந்தரகாந்தாரம்)

இரு ஸ்வரத்தின் தன்மை அதில் உள்ள பரிவார ச்ருதிகளையும் அவைகளில் ச்ருதிகளின் வலிமையையும் சார்ந்து உள்ளது.

தூதவிய நூல்கள்

1. "The Physics of Music" by Alexander Wood, University Paperbacks, published by Methuen & Co., Ltd., London, 1969.
2. "ஸங்கீத ஒலிநூல்" R. V. Viswanathan, Annamalai Nagar, 1953.
3. "The Music of India: A Scientific Study" by B. Chaitanya Deva, Munshiram Manoharlal Publishers Pvt., Ltd., 1981.
4. "Principles of Physics" by Ernest Greene, Prentice-Hall of India Private Ltd., New Delhi, 1969.
5. "Physics of Tampura: Some Investigations" — an article by Dr. H. V. Modak, Published in NCPA Journal of the Arts, Bombay, December 1992.



கம்பி அல்லது நூல் துடிக்கும்போது உண்டாகும் பல கண்டங்களை விளக்கும் படம்.

இழுத்துக்கட்டப்பட்ட

நரம்புகளின் துடிப்பு

(Vibrations of Stretched Strings)

ஒலி எழுப்பாத ஒரு தந்தி ஓய்வு நிலையில் இருப்பதாக கூறப்படும். அத்தந்தியை ஒரு பக்கம் இழுத்து விட்டுவிட்டால் முன்னும்-பின்னும் ஒழுங்காக அசைந்து, பின்பு ஒலி ஓய்ந்துவிடும். இந்த முன்னும்-பின்னுமான அசைவு அதிர்வு அல்லது துடிப்பு (vibration) எனப்படும். A என்பது ஓய்வுநிலையாக இருந்து, இருபக்கமும் “B” என்ற நிலைகளுக்கு சென்று “A” நிலைக்கு வந்தடைந்தால் அது ஒரு முழு துடிப்பு எனப்படும்.

ஓய்வு நிலையிலிருந்து இருபக்கமும் அசையும் தூரம் “வீச்சு” (amplitude) எனப்படும். ஒரு தந்தி அசையும் போது முன்னும் பின்னும் நகரும் நடுப்பாகுதி “எதிர்முடி” (antinode) எனப்படும். தந்தியின் இரு முனைகள் கூட்டப்பட்டிருக்கும் இடம் ஓய்வுநிலையில் இருக்கும். மற்றும் அது “முடி” எனப்படும். “முடிகள்” இருக்கும் இடத்தில் தந்தியின் அசைவு கிடையாது.

கம்பிகளின் அசைவை பொருத்த விதிகள்
(Laws of Vibrations of Strings)

ஒரு ஸோனாமீட்டரை (படம் பார்க்கவும்) வைத்து மேர் ஸெனே (Mersenne) என்பவர் இழுத்துக்கட்டப்பட்ட தந்திகளின் அசைவுகளை ஆய்வு செய்தார். ஸோனாமீட்டர் என்பது ஒரு காலி கட்டை பெட்டியின் மேல் கம்பியை ஒரு முனையில் கட்டி மற்றொரு முனையை ஒரு கடையின் வழியாக தொங்கவிடுவது. பிருவாக தொங்குவதற்கு நுனியில் ஒரு பாரமான எடைக்கல் கட்டப்பட்டிருக்கும். பெட்டியின் மேல் இரண்டு கட்டையாலான குதிரைகள் இருக்கும். குதிரைகளை நகர்த்தி தந்தியின் நீளத்தை குறைக்கவோ நீட்டவோ முடியும். கட்டை பெட்டி அல்லது ஒலிப்பெட்டி எழும்பும் ஒலிக்கு ஒரு தன்மை அளிக்கிறது. தந்தியின் ச்ருதி மூன்று விழிகளின்

இழுத்துப்படையில் மாறுகிறது என்பதை சோதனைகளின் மூலம் மேர் ஸென்னை கண்டுபிடித்தார்.

1. பிருவை மாற்றாமல் வைக்கப்பட்ட ஒரு தந்தியின் அதிர்வு-எண் நீளத்திற்கு நேர்-மாறாக மாறுகிறது. அதாவது, நீளத்தை அதிகரித்தால் அதிர்வு-எண் குறையும்.

பரிசோதனை: ஸோனாமீட்டரில் இரண்டு குதிரைகளையும் 90 ஸெ.மீ. தூரம் விலக்கி வைக்கவும். தந்தியை மீட்டி, எழும்பும் ஸ்வரத்தை கேட்கவும். குதிரைகளை கிட்டவைத்து தந்தியின் நீளத்தை பாதியாக்குங்கள். இப்பொழுது எழும்பும் ஸ்வரம் முன் கேட்ட ஸ்வரத்தின் தாரஸ்தாயி ஸ்வரமாக இருக்கும். படிப்படியாக தந்தியின் நீளத்தை 1/3-ஆக, 1/4-ஆக செய்தால் தாரஸ்தாயி-பஞ்சமும் அதிதாரஸ்தாயி-ஆட்ஜமும் கேட்கும்.

அதனால் தந்தியின் நீளத்தின் மாறுதலுக்கு நேர்மாறாக அதிர்வு-எண் மாறும். நீளம் அதிகரித்தால் அதிர்வு-எண் குறையும். நீளம் குறைந்தால் அதிர்வு-எண் அதிகரிக்கும்.

இதை வீணை, வயலின் போன்ற கருவிகளில் மாணவர்கள் காணலாம். வீணையின் முதல் மெட்டு மற்றும் அடுத்து வரும் மெட்டுகளில் விரலை வைத்தால் தந்தியின் நீளம் குறையும். அதனால் ச்ருதி கூடுவதை காண்கிறோம்.

அதேபோல் புல்லாங்குழல், நாகஸ்வரம் போன்ற கருவிகள் நீளமாக இருந்தால் கீழ் ச்ருதியையும், சிறியதாக இருந்தால் உயர் ச்ருதி யையும் கொடுக்கும். தோல் கருவிகளிலே சிறிய முகம் கொண்டவை உயர் ச்ருதி கொண்டதாகவும் பெரிய வட்டமான முகம் கொண்டவை கீழ் ச்ருதி கொண்டதாகவும் இருக்கும்.

2. நீளம் மாறாமல் இருக்கும் ஒரு தந்தியின் பிருவை ஏற்றி அல்லது இருக்கினால் அதிர்வு-எண்ணும் ஏறும் அல்லது இறங்கும். அதாவது அதிக பிரு, அதிக அதிர்வு-எண்.

பரிசோதனை: ஸோனாமீட்டரில் ஒரு வலுவள்ள தந்தியை ஏற்றி அதன் குதிரைகளின் இடத்தை மாறாமல் வைத்திருங்கள். ஒரு ஒலிகவட்டையின் ச்ருதியுடன் அந்த தந்தியின் ச்ருதியை சேர்த்து, தந்தியின் முனையில் இருக்கும் தட்டில் உள்ள எடையை இரண்டு மடங்கு செய்யுங்கள். தந்தியின் ச்ருதி ஏறும், ஆனால் ஒலிகவட்டை

ச்ருதிக்கு தாரஸ்தாயி ஸ்வரம் வரை ஏறாது. தாரஸ்தாயி ஸ்வரம் ஆகும் வரை மேலும் எடையை அதிகமாக்குங்கள். இப்பொழுது தொடக்கத்தில் இருந்ததைவிட எடை நான்கு மடங்கு இருப்பதை நாம் பார்ப்போம்.

எடை ஒன்பது மடங்கு ஆனால் தாரஸ்தாயி-பஞ்சமம் கேட்கும், 16 மடங்கு ஆனால் அதிதாரஸ்தாயி-ஆட்ஜம் கேட்கும். ஆகையால் அதிர்வளன்கள் $1 : 2 : 3 : 4$ என்ற விகிதத்தில் அதிகரிக்கும் போது, பிருவானது $1 : 4 : 9 : 16$ என்ற விகிதத்தில் அதிகரிக்கும்.

நரம்புக் கருவிகளில் பிரடைகளை திருப்பி பிருவை அதிகரிக்கின் நோம். பிரடையை ஒரு பக்கம் திருப்பினால் தந்தி இறுக்கிக்கொள்ளும், மற்ற பக்கம் திருப்பினால் தந்தி தனர்ச்சியடையும்; அதாவது முறையாக ச்ருதி கூடும் அல்லது இறங்கும்.

காற்று வாத்தியங்களில், குழாயினுள் காற்றை ஊதும் அழுத் தத்தைப் பொறுத்து ச்ருதி அதிகரிக்கும். தோல் கருவிகளில் தோல் வரை இறுக்கியோ தளர்த்தியோ ச்ருதியை கூட்டி குறைக்கலாம்.

3. பிருவும் நீளமும் மாறாமல் இருக்கும் ஒரு தந்தியில் அதிர்வு-என் மொத்திற்கு (mass) நேர்மாறாக மாறும். தந்தியின் தடிமன் அதிகரித்தால் அதிர்வு-என் குறையும், தடிமன் (thickness) குறைந்தால் அதிர்வு-என் கூடும்.

ஒரே மூலப்பொருளாலான நான்கு தந்திகளை எடுத்துக்கொள்ளுங்கள். ஆனால் அவைகளின் விட்டம் (diameter) $1 : 2 : 3 : 4$ என்ற விகிதத்தில் இருக்கவேண்டும். ஒரு லோனாமிட்டரில் அவைகளை வரிசையாக வைத்து முனைகளில் சமமான எடைகளை கட்டி தொங்கவிடுங்கள். அவைகளை மீட்டினால் மெல்லியதிலிருந்து தடிமன் வரை இருக்கும் தந்திகள் க்ரமமாக $1 : 1/2 : 1/3 : 1/4$ என்ற விகிதத்தில் அதிர்வு-என்களை கொண்டிருக்கும். அதாவது தந்தி தடிமனாக இருந்தால் ச்ருதி குறைவாக இருக்கும்.

காற்று வாத்தியங்களில் புல்லாங்குழல் போன்றவைகளில் சுற்று எவு பெரிதாகவும், கட்டை தடிமனாகவும் இருந்தால் ச்ருதி குறைவாக இருக்கும். கட்டை மெல்லியதாகவும், சுற்றினால் சிறியதாகவும் இருந்தால் ச்ருதி உயர்ந்து இருக்கும்.

தோல் கருவிகளில் மெல்லிய தோல் உயர்ந்த ச்ருதியும், தடிமான தோல் கீழ் ச்ருதியையும் கொடுக்கும்.

மேற்கூறிய விதிகளை கணிதவாயிலாகவும் கீழ்க்கண்டவாறும் விவரிக்கலாம்,

$$\text{அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-என்} = n$$

$$\text{தந்தியின் அசையும் பகுதியின் நீளம்} = L$$

$$\text{தந்தியின் பிருது} = T$$

$$(T = mg, m = \text{மொத்தம்}, g = \text{ஆகர்ஷணசக்தி})$$

$$(T = mg, m = \text{மொத்தம்}, g = \text{ஆகர்ஷணசக்தி})$$

தந்தியின் கனம், தந்தியின் ஒற்றையெண் நீளத்தின் (unit length) மொத்தம் (mass) = M என்று இருந்தால்,

(1) பிரு “T” மற்றும் கனம் “M” நிலையாக இருந்தால், அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-என் “n”, தந்தியின் நீளத்திற்கு தலைகீழ் விகிதாசாரம் (inverse proportion) கொண்டதாக இருக்கும்.

$$n \propto 1/L$$

அல்லது

$$nL = K [K \text{ என்பது ஒரு நிலையான (constant) எண்}].$$

(2) “L” மற்றும் “m” நிலையாக இருந்தால் “n” (அதிர்வு-என்) ஆனது “T” பிருவிற்கு தக்கவாறு மாறும்.

$$n \propto a \vee T$$

அல்லது

$$n^2 \propto T$$

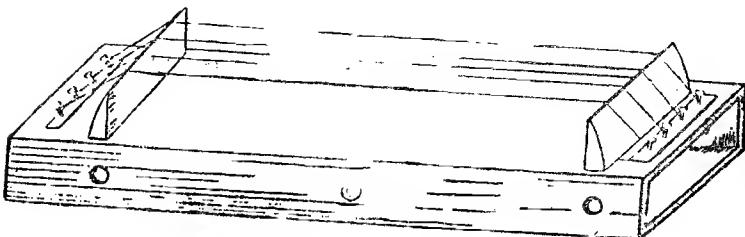
அல்லது

$$n^2/T = K \text{ நிலை எண்}.$$

(3) "L" மற்றும் "T" நிலையாக இருந்தால், "n" ஆனது "M"-ற்கு தக்கவாறு மாறும்.

அதாவது $n \propto 1/\sqrt{M}$ அல்லது $n^2 M = \text{நிலை எண்}$.

தம்பூரா, வீணை மற்றும் வயலின் கருவிகளின் அடிப்படை ஒலி-விஞ்ஞான தத்துவங்கள்



ஸோனாமீட்டர் என்னும் கருவி

பிரதான கச்சேரி இசைக்கருவிகளான தம்பூரா, வீணை மற்றும் வயலின் தந்தி வாத்தியங்கள் அல்லது இழுத்துக்கப்பட்பட்ட தந்தி வாத்தியங்கள் என்று வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அவைகளுடைய பொதுவான அம்சமானது தந்திகளின் அசைவினால் ஒலி ஏற்படுவது. தம்பூரா என்பது "ச்ருதி-வாத்தயம்" அதாவது அதில் உள்ள நான்கு தந்திகளில் ஒவ்வொன்றும் எந்த ஸ்வரத்திற்கு ச்ருதி கூட்டப்பட்ட டிருக்கின்றனவோ அந்த ஸ்வரத்தையே மீண்டும் மீண்டும் ஒலித்துக்கொண்டிருக்கும். ஆனால் வீணை மற்றும் வயலினில் ஒவ்வொரு தந்தியும் பல ஸ்வரங்களை ஒலிக்கும். மேலும் ஸ்வரங்களின் கோர் வையாக சேர்ந்து இசை வடிவத்தை கொடுக்கின்றன. மேலும் அமைப்பு மற்றும் ஒலி-ஏற்படுத்தும் முறையின் அடிப்படைகளில் வயலினும் வீணையும் வேறுபடும். வீணையை மீட்டி வாசிக்க வேண்டும், வயலின் வில்லால். ஆகையால் இக்கருவிகளில் ஒவ்வொன்றிலும் ஒலி-உண்டாவதின் தத்துவத்தை மற்றும் ஒலியின் தன்மையின் தத்துவத்தையும் தெரிந்துகொள்வது அவசியம்.

தம்பூரா

1. தந்திகளும் அவைகளை ச்ருதி சேர்ப்பதும்: தம்பூராவில் நான்கு தந்திகள் இருக்கின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். அவைகளை கீழ்க்கண்ட ஸ்வரங்களுக்கு ச்ருதி சேர்க்கின்றோம்.

மந்திர-ப, மத்ய-ஸ, மத்ய-ஸ, மந்த்ர-ஸ

நான்கு தந்திகளின் அசையும் நீளம் ஓன்றாக இருக்கும். அவைகளின் "பிகு" ஓன்றாக இருக்கவேண்டும். இல்லாவிட்டால் முழுக்கம் ஒரே சீராக இருக்காது. நீளமும், பிகுவும் ஓன்றாக இருப்பதால், தந்திகளை வெவ்வேறு ச்ருதிகளில் சேர்ப்பதற்கு அவைகளின் தடி மனும் உலோகப்பொருளும் வேறாக இருக்கவேண்டும். பெண்கள் குரலுக்கு ச்ருதி சேர்க்கப்பட்ட தம்பூராவின் (மத்ய-ஸ வின்) கருதி 5 கட்டை அல்லது 'G' - ஆக இருக்கும். ஸாரணி மற்றும் அனுஸாரணி (மத்ய-ஸ) தந்திகள் எஃகு தந்திகளாக இருக்கும். மற்றும் அவைகளின் அளவு எண் (gauge) "29" அல்லது "30". மந்திர-பஞ்சமத்திற்கு ச்ருதி சேர்க்கப்பட்ட தந்தியின் கேஜ் - 27 ஆக இருக்கும். மந்திர-ஸ-விற்கான தந்தி எஃகு மேல் மெல்லிய செப்புத்தகடு சுற்றப்பட்டு இருக்கும். இப்படியாக தந்திகளில் வெவ்வேறு ஸ்வரங்கள் ச்ருதி சேர்க்கும்போது தந்தி அசைவின் மூன்றாவது விதி அடிப்படையாக இருப்பதை காண்கிறோம்.

தந்தியின் ச்ருதியை மாற்ற பிரடையை திருப்புகின்றோம். இதனால் மாறுவது பிகு.

இதேபோல் மணிக்காயை முனைக்கு நகர்த்தும்போது, தந்தி தந்தி உயர்த்தப்பட்டு தந்திக்கும் பலகைக்கும் உள்ள இடைவெளி அதிகரிக்கப்படுகிறது. இதனால் ச்ருதி கூடுதிறது. மணிக்காய் குதிரை இருக்கும் திசையில் நகர்த்தப்படும்போது தந்திக்கும் பலகைக்கும் உள்ள இடைவெளி குறைந்து, பிகு குறைக்கப்படுவதால், ச்ருதி இறங்குகிறது.

2. தந்தி - குதிரை சந்திப்பு (String-bridge contact) தம்பூரா மேல் பலகை மீது வைக்கப்பட்ட குதிரை அகலமாகவும் வளவொக்கவும் இருக்கும். குதிரை மேல் தந்திகள் இடுக்கையாக (tangentially) செல்லும். வயலின், ஸாரங்கி, ஸரோத் போன்ற வாத்தியங்களில் குதிரை மேல் பகுதி அகலமாக இல்லாமலும் கூராகவும் இருக்கும்.

கூரான குதிரை கொண்டுள்ள தந்தி வாத்தியங்களில் யங்-ஹெல்ம் ஹோல்ட்ஸ் (Young - Helmholtz) விதிப்படி மீட்டப்படும் இடத்தில் மூடி (node) கொண்டிருக்கும் பரிவார ச்ருதிகள் (Harmonics) காணப்படாது. அதாவது தந்தியை எந்த இடத்தில் மீட்டுகின்றோ மோ அல்லது வில்போட்டு ஒலி எழுப்புகின்றோமோ அந்த இடத்தில் மூடி இருக்கிறது.

தில் முடி இருக்காது, அவ்விடத்தை முடியாக கொண்டு எழும்பும் ஹார்மோனிக்ஸ் உண்டாகாது. அதாவது அந்த இடம் எப்பொழுதும் அசைந்துகொண்டேயிருக்கும்.

தம்பூரா (மற்றும் விணையில்) அகலமான குதிரை பயன்படுத் தப்பவதால் இந்த விதி இயங்குவதில்லை. அதாவது, இக்கருவி களில் மீட்டப்படும் இடத்தில் முடியைக்கொண்ட ஹார்மானிக்ஸ் எழும்புவதை காண்கிறோம். பிரபல விஞ்ஞானமேதை ஸி. வி. ராமன் இதற்கு காரணம் தந்திக்கும் குதிரைக்கும் உள்ள சந்திப்பின் அமைப்பு என்று விளக்கியுள்ளார்.

வயலின் போன்ற, அதாவது கூரான குதிரை கொண்ட, கருவி களில் தந்தி-குதிரை சந்திப்பு ஒரு புள்ளி-சந்திப்பு (point contact) என்று கூறப்படுகிறது. அதாவது, தந்தியானது குதிரையின் மேல் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் அமரும். அதையும் போது இந்த இடம் ஏற்ககுறைய மாறாமலே இருக்கும். தம்பூரா (வீணை, விதார்) போன்ற கருவிகளில், குதிரையின் மேல்பாகம் சரிந்து இருப்பதால், தந்தி-குதிரை சேரும் இடம் விலகிக் கொண்டேயிருக்கும் ஒரு சந்திப்பாக இருக்கும்; ஒரு குறிப்பிட்ட (grazing contact) இடத்திலேயே நிலைத்து இருக்கும் சந்திப்பாக இருக்காது. இதன் காரணமாக தம்பூராவிலிருந்து பரிவார சுருதிகள் செழிப்பாக கிளம் பும்; இது போன்ற பரிவார ச்ருதிகள் மற்ற தந்தி கருவிகளில் கிடைக்கப்பெறா.

3. ஜீவாளியின் பங்கு : குதிரையின் மேல் ஓவ்வொரு துந்திக் கும் அடியில் ஒரு நூல் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதற்கு ஜீவா என்று பெயர்.

ஜீவா இப்படி வைக்கப்பட்டிருக்கும் நிலையில், சாதாரணமாக தந்தி நாவின் கீழே (தண்டி நோக்கி) இருக்கும் குதிரைப் பகுதியை தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். சில சமயம் தந்தி அசையும் போது குதிரையை விட்டு விலகி, மறுபடி கீழே வரும்போது குதிரையின் மேல் பகுதியை தொடும். இப்படியாக தந்தி அசையும்போது சில சமயங்களில் எழும்பி மீண்டும் குதிரையை தொடும். மேலும் தந்தி உயர் எழும்பும் போது முடிச்சு (node) நகர்ந்து ஜீவா இருக்கும் இடத்திற்கு விலகும். பிறகு கீழ் நோக்கி இறங்கும்போது முடிச்சு மீண்டும் தந்தி குதிரையை சந்திக்கும் இடத்திற்கு விலகும்.

ஏதுவாகத்து, துடிப்பு ஏற்படும் போது தந்தி ஜிவாவிற்கு முன்னேயே குதிரையை தொடும், மேலும் ஜிவா இருக்கும் இடத் (ஈங்கி பக்கம்) குதிரையை தொடும், மேலும் ஜிவாவிற்கு மற்ற பக்கத்தில் (மளிக்காய் குதுப்பு) குதிரையை தொடும்.

அதனால் ஜீவாவை தொட்டு தொட்டு விலகும்போது துடிப்பு ஆகினாற்போல் இருக்கும். மேலும் தந்தியின் நீளம், அதிகரித்தும் ருறைந்தும், மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். முடிச்சும் ஜீவா இருக்கும் ருறை இடத்திற்கும், நிலையான இடத்திற்கும் மேலும் மணிக்காய் மாற்கும் மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். இதனால் தந்தியிலிருந்து மாற்கும் அதிர்வு-என் குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு ஒருமுறை மாற்பும் ஒவியின் அதிர்வு-என் குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு ஒருமுறை மாற்கும். மேலும் அசாதாரணமான எண்ணிக்கையுள்ள பரிவாரமாறும். மேலும் அசாதாரணமான எண்ணிக்கையுள்ள பரிவாரம் அடர்த்தியாகவும், திஹர்-திஹரென எழும்பும். தம்பூராவின் அவியை உற்றுக்கேட்டால், அதில் ஸ்வரங்கள் (முக்கியமாக ஹார் ஹாவிக்ஸ்) தொடர்ச்சியாக கேட்காமல், விட்டு-விட்டு கேட்பதை மாம் காணலாம்.

ஆகையால் தம்பூராவில் குதிரையின் மேல்பகுதியின் வளைவைத் தடுகிற நிலை தந்தியின் துடிப்பில் அடைப்புபோல் ஏற்படுவதையும் நாம் காவனிக்கவேண்டும். குதிரையின் வளைவினால் வீளையின் ஒளித் தங்கமை விளக்கப்படலாம். ஆனால் தம்பூராவில் மற்ற காரணங்களும் உள்ளன. ஏனென்றால், ஜீவா இல்லாமலேயே குதிரை சரிவாக இருக்கின்றது. அதனால் தந்தியும் குதிரையும் உராய்வதுபோன்று (grazing) சேரும். ஜீவா இருப்பதனால் வளைவு அதிகரிப்பது முன்வரும்படியாக வேறு ஒரு அம்சத்தையும் பகுத்துகிறது. அது தந்தியின் ஒளித்துறையை விட்டு விலக வைக்கின்றது. அதனால் தந்தியின் ஒளித்துறையை விட்டு விலக வைக்கிறது. (படம் பார்க்கவும்).

மேற்கூறிய விவாதத்தினால் நாம் அறிந்துகொள்ளும் முக்கீழான விஷயம் என்னவென்றால் தந்தி குதிரையை தோடும் இடமான விஷயம்

மாறிக்கொண்டேயிருப்பதால் அடிப்படை ஆதார ஸ்வரத்திலும் அதன் பரிவார ச்ருதிகளிலும் 0.5 லிருந்து 1% வரை அதிர்வு-என்னில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது.

4. தந்திகள் அசையும் தளம்: தம்பூரா தந்தியும் ஒரு சாதாரண (ஸோனாமிட்டர்) தந்தியும் அசைவதில் வித்தியாசம் இருக்கின்றது. இவ்வித்தியாசம் தந்தி அசையும் வெவ்வேறு தளத்தை சார்ந்துள்ளது. பொதுவாக தந்திகள் செங்குத்தாக (vertical), கிடையாக (horizontal), கோணமாக (angular) அசையும். தம்பூராவில் செங்குத்து அசைவுக்கு சமமாக கிடைநிலையிலும், கோணமாக அசைவுகள் இருக்கும். ஆனால் ஒரு ஸாமான்யமான தந்தியின் அசைவுகளில் செங்குத்து அசைவு மற்றவற்றை விட அதிகமாக இருக்கும்.

5. குடத்தின் பங்கு: குடம் வெற்றிடமுள்ள (காற்றை மற்றும் கோண்ட) ஒரு வளைவுள்ள பாத்திரம். தந்திகளின் அசைவு குடத்திற்கு குதிரை வழியாக பரப்பப்படுகின்றன. குடத்திலும் அதனுள் உள்ள காற்றிலும் தூண்டப்பட்ட அதிர்வுகள் ஏற்படுகின்றன. இதிலிருந்து காற்றை மட்டும் உள்ளடக்கிக் கொண்டிருக்கும் “தண்டி”க்கு பரவுகிறது. இவ்வாறு ஒரு பெரிய பரப்பளவுக்கு பரவிய தந்தி அதிர்வுகள் கருவியின் வெளியில் உள்ள காற்று மன்றத்திற்கு பரவுகின்றன, அங்கிருந்து கேட்பவர்களின் செவிக்கு. இவ்வாறு தந்தியின் ஓலியின் முழுக்கம் பெருக்கப்படுகின்றது.

தம்பூராவின் மேல் பலகையில், குதிரையின் இருபக்கமும் வட்டவடிவத்தில் சிறுசிறு துளைகள் காணப்படும். குடத்துள் இருக்கும் காற்று வெளிக்காற்றுடன் தொடர்பு கொள்ள இவை உதவும்.

குடம் செய்ய எடுத்துக்கொள்ளப்படும் கட்டையும் குடத்தின் உருவமைப்படு அனைத்தும் ஓலிக்கு ஒரு நல்ல தன்மையை கொடுக்க உதவிபாரிகளின்றன. குடம் சேர்க்கப்படாவெளில் தந்தியிலிருந்து எழும் பும் ஒலி “உலோகத்தன்மை” பெற்றிருக்கும்.

வீணை

வீணைக்கும் தம்பூராவிற்கும் பல பொதுவான அம்சங்கள் உள்ளன.

1. தந்திகளும் ச்ருதி சேர்க்கும் முறையும்: வீணையில் ஏழு தந்திகள் உள்ளன. நான்கு தந்திகள் இசைவடிவத்தை வாசிப்பதற்

ஈரா, உண்று பக்க தந்திகள் ஆதார ச்ருதிக்கும் தானம் போடுவதற் கூட உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

- (அ) வீணையிலும் தம்பூராபோல் தந்திகள் வெவ்வேறு தழிமன் கேஜ் கொண்டவையாக இருக்கும்.
- (ஆ) ச்ருதியில் சிறு மாறுதல்கள் செய்ய வங்கர் மேல் நகரும் சுற்றப்பட்ட கம்பி உதவும். இக்கம்பி குதிரையிலிருந்து விலகியிருக்கும்படி நகர்த்தினால் வங்கரின் இரு உலோகக் கம்பிகள் ஒன்றுக்கொன்று அழுதப்பட்டு பிருவை அதிகரிக்கின்றது. இதனால் ச்ருதி கூடும் (விதி-எண் 2). ச்ருதி கூட்டும் தந்தியை குதிரையை நோக்கி நகர்த்தி னால் பிரு தளர்த்தப்பட்டு, ச்ருதி குறைகிறது.
- (இ) வாசிக்கப்படும் நான்கு தந்திகளில் ஓவ்வொன்றிலும் பல ஸ்வரங்கள் ஓலிக்கப்படும். உதாரணமாக, முதல் தந்தியில், அதாவது மத்ய-ஷட்ஜத்திற்கு ச்ருதி சேர்க்கப்பட்ட தந்தியில், மெட்டுக்கள் மீது அடுத்து அடுத்து விரல் வைத்து குதிரையை நோக்கி சென்றால் க்ரமமாக அடுத்த அடுத்த ஸ்வரம் ஸ்வரஸ்தானம்) ஓலிக்கும். விரலை தந்தி மீது வைத்து மெட்டின் மேல் அழுத்தி னால், தந்தியின் அசையும் நீளம் குறையும். அசையும் நீளம் குறைவதால் அதிரவு-எண் கூடும், இதை விதி-எண் 1 ல் பார்த்தோம்.
- (ஈ) அடிக்கடி தந்தியை இழுத்து உயர் ஸ்வரங்கள் வாசிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு செய்யும்போது பிரு அதிகரிக்கப்படுகிறது, அதனால் அதிர்வு-எண் அதிகரிக்கும், விதி-எண்-2 ல் கூறப்பட்டது/போல்.

2. தந்தி-குதிரை சந்திப்பு: வீணையின் மேல் பலகையின் மேல் உள்ள குதிரை, தம்பூரா குதிரை போல் அகலமானது. தம்பூராவின் சந்தர்ப்பத்தில் நாம் மேலே விவாதித்த தக்குவங்கள் அனைத்தும், வீணைக்கும் பொருந்தும்.

அதாவது, தந்தியை மீட்டும் இடத்தில் முடிச்சு கொண்ட ஹார் மானிக்ஸ் இடம்பெறுகின்றன. குதிரையின் மேல் தளம் வளைவாக சரிவாக இருப்பதனால், தந்தி-குதிரை சந்திப்பு உராய்வது போன்று இருக்குமேயன்றி ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் மட்டும் இருக்காது.

அதனால் வீணையை மீட்டினால் பல செழிப்பான ஹார்மானிக்ஸ் வரிசைகள் எழுப்பும்.

ஆனால் வீணை குதிரைமேல் ஜீவா வைக்கப்படுவதில்லை. ஆதலால் அது இவ்விஷயத்தில் தம்பூராவிலிருந்து வேறுபடுகிறது.

3. குடத்தின் பங்கு: தம்பூராவில் குடம் ஆற்றும் பங்கேதான் வீணையின் குடமும் ஆற்றுகிறது.

வீணையில் தண்டியின் அடியில் இன்னொரு பக்கத்தில் ஒரு சிறு குடம் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இது சுரைக்காயால் மூன்பு செய்யப் பட்டிருந்ததால் “சுரைக்காய்” என்று இன்றும் அழைக்கப்பட்டு வருகிறது. வீணையை வாசிக்கும்போது தொடைமேல் அமர்த்த இச் சிறு குடம் உதவுகிறது. இக்குடத்தினால் ஒலிபெருக்கவோ தன்மையைக் கொடுக்கவோ முடியுமா என்று அநேக முறை கேள்விகள் எழுப்பப்படுகின்றன.

இச்சிறு குடம் கீழ் பக்கம் திறந்தேயிருக்கும், ஆதலால் இது காற்றை உள்ளடக்கின் ஒரு பாத்திரமாக இராது. ஆனால் வீணையில் சேர்க்கப்பட்ட எந்த வெற்றிடம் கொண்ட பாகமும் ஒலிபெருக்க, தன்மையை கொடுக்க சிறிதேனும் உதவும்.



தம்பூராவில் குடி பாகம் BRIDGE OF TAMBURA



வீணையில் குடி பாகம் BRIDGE OF VINAI

வயவின்

தம்பூரா, வீணையிலிருந்து வயவின் வேறுபடும் முக்கிய அம்சம் டிராஸில் எழுப்பும் விதம். வயவினின் தந்திமேல் வில்போட்டு ஒலி எழுப்பார்கிறது, வீணை தம்பூராவில் தந்தியை மீட்டு.

1. தந்திகளும் ச்ருதி கூட்டும் முறையும்: வயவினில் நான்கு நாற்றுகள் உள்ளன. அவை ச்ருதி சேர்க்கப்படும் ஸ்வரங்கள் முறையே,

மத்ய-பஞ்சமம், மத்ய-ஷட்ஜம், மந்த்ர-பஞ்சமம், மந்த்ர-ஷட்ஜம்.

தந்திகளின் அசையும்-நீளம் சமமாக இருக்கும்படி பிருவும் சமாக இருக்கவேண்டுமாகையால் தந்திகள் வெவ்வேறு தடிமன் கோண்டவையாக இருக்கும் விதி-எண் 3. முதல் தந்தி பொதுவாக துருபிடிக்கா எல்கு தந்தியாக (stainless steel) இருக்கும். மற்றவை ஸ்டெயின்வெஸ் ஸ்மலின் மேல் எலக்ட்ரோமெட்டல்-க்ரோமியம் சுற்றப்பட்டவையாக இருக்கும்.

ஒரு ஸ்வரத்திற்கு ச்ருதி சேர்க்கப்பட்ட தந்தியில் உயர்ந்த ஸ்வரங்கள் ஒலிக்க இடது கைவிரலை தந்தியின் மேல் அழுத்தமாக வைக்கவேண்டும். அதாவது தந்தியை வெவ்வேறு இடங்களில் விரல்-பலகையோடு (finger board) சேர்த்து அழுத்தி வாதித் தால் வெவ்வேறு ஸ்வரங்கள் எழுப்பும். இப்படி செய்கையில் தந்தி யின் அசையும்-நீளம் குறையும், அதனால் உயர்ந்த ஸ்வரங்கள் கேட்கும் (விதி-எண் 1).

2. வில் போடும் முறை: வயவின் வில்லில் ஒரு கழியின் இரு முறையையும் இணைக்கும் விதம் குதிரை அல்லது நெலான் மயிர்கள் கூட்டப்பட்டிருக்கும். ரோலின் என்றும் ஒருவித மரப்பிசின் மயிர் கோல் தடவப்பட்டு அது கோந்தபவுடராக மயிர்மேல் ஓட்டிக் கொள்ளும். இதனால் மயிருக்கும், தந்திக்கும் இடையே உராய்வு (friction) ஏற்படும். வில்லை தந்தி மீது போடும் போது அது நாற்றுக்கையை இழுக்கும். தந்தியின் பிகு இதற்கு எதிர்ப்பு கொடுத்து மயிரை விட்டு நழுவு பார்க்கும். மயிரின் உராய்வுச்சுதி எப்பொழுது நாற்றுக்கையை மேலும் இழுக்க முடியவில்லையோ, தந்தி நழுவி தன்னுடைய முந்தைய நிலைக்கும், அதை தாண்டியும் சென்றுவிடுகிறது.

இயல் நிலைக்கு வர முயலும்போது, அடுத்து வரும் மயிரின் பகுதி தந்தியை இழுக்கின்றது. திரும்பவும் தந்தி நழுவமுயலும்.

இப்படியாக, வில் போடுவது, என்பது ஒரு வரிசையாக வரும் மீட்டு போலவே உள்ளது. மீட்டுக்கள் அடுத்து-அடுத்து மின்னல் வேகத்தில் வருவதால் அவை தனித்தனியே தெரிவதில்லை. அதனால் ஒலி தனித்தனி ஸ்வரங்களாக கேட்காமல் ஒரு தொடர்ச்சியான ஒலி யாக கேட்கும்.

வில்விற்கும் தந்திக்கும் இடையே உராய்வு சக்தி, தந்தி இழுக்கப் படும்போது அதிகமாய் இருக்கும். தந்தி நழுவும்போது வலிமை குறையும். அதனால் வில்போட தொடங்கும்போது வலிமை நிறைய குறையும். அனால் தந்தி அசையத் தொடங்குய பிறகு அவ்வளவு தேவைப்படும், ஆனால் தந்தி அசையத் தொடங்குய பிறகு அவ்வளவு தேவைப்படாது. வில் வாத்தியங்களில் அனைத்திலுமே இசையானது இந்த தந்தியை இழுக்கும் சக்தியிலும், தந்தி நழுவும் சக்தியிலும் உள்ள சிறு வித்தியாசத்தில்தான் அமைந்துள்ளது.

வில் போடும் முறையும் வயலின் ஒலியின் தன்மையும்

ஒலியின் தன்மை வில்லை போடும் அழுத்தத்தினால் அவ்வளவாக பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் வில் போடும் வேகத்தினால் பாதிக்கப்படும். இதில் முக்கியமான அம்சம், நாம் தந்தியின் எந்த இடத்தில் வில்லை போடுகிறோம் என்பது. வில்லை மயிரின் அகலம் குறுகலாக இருந்தால் ஒலியில் வலிமையுள்ள உயர்வான பரிவார ச்சுதிகள் எழும்பும். அப்பொழுது வில்லை தந்தியின் எந்த இடத்தில் போட்டாலும் ஒலி சமமான தன்மையுடன் இருக்கும்.

குதிரையின் அருகே வில்லை போட்டால் அழுத்தம் அதிகமாக இருக்க வேண்டும். பொதுவாக வில் தந்தியை தொடும் இடம் தந்தியின் அசையும் நீளத்தில் (குதிரையிலிருந்து) 1/7-விருந்து 1/15-வரை இருக்கும். இன்னும் அதிகமாக பழக்கத்தில் இருக்கும் இடம் குதிரையிலிருந்து தந்தியின் 1/9 அல்லது 1/10 பாகமாக இருக்கும்.

3. வல்ப் நோட் (wolf-note-ஒனாய் ஒலி) : வயலினில் குதிரை, மேல் பலகை, யின் பலகை எல்லாம் அதிர்வில் பங்குபெறும். ஒவ்வொரு பாகத்திற்கும் அதன் இயற்கை அதிர்வு-என் உண்டு. அந்த இயற்கை அதிர்வு-என் வாசிக்கும் ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-என் னாக இருந்தால் உடனியக்கம் (resonance) ஏற்படும். அப்பொழுது வயலினீன் அந்த பாகம் அதிகமாக அசையும்.

சமாராக எல்லா வில் வாத்தியங்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட ஸ்வரத் தை வாசிப்பது கடினமாக இருக்கும், அதை ஒலிக்கும் போது ஊளை யிடுவதுபோல் ஒசை ஏற்படும். அதை “ஓனாய்-ஸ்வரம்” (Wolf note) என்று கூறுவர். தந்தியானது குதிரை வழியாக மேல்பலகை யின் இயற்கை அதிர்வு-என்னிற்கு சமமாக இருந்தால், மேல்பலகை யின் அதிர்வின் வீசுக் அதிகரித்துக்கொண்டே போகும். இதற்கான வலிமையை தந்தியின் அதிர்விலிருந்து எடுத்துக்கொள்ளும். இதனால் வில்லால் சாதாரணமான அதிர்வை ஏற்படுத்த இயலாமல் போய் விடும்.

இந்த இன்னலை தவிர்க்க இருவழிகள் உண்டு. ஒன்று வில்லின் அழுத்தத்தை அதிகரித்து தக்கவாறு மாற்ற வேண்டும். மற்றொள்று குதிரையின் எடையை, அதில் ஒரு அதிர்வு-அடக்கிப்பொறி (pavite) சேர்த்து, அதிகரிப்பது. அதிர்வு-அடக்கிப்பொறி ஒரு உலோகத்தால் அல்லது கட்டடயாலான களிப் (clip) போன்ற கருவி. அதற்கு ஒரே வரிசையில் இருக்கும் மூன்று கால்கள். குதிரை மேல், நான்கு தந்தி உளிடையேயுள்ள மூன்று இடைவெளிகளில் இந்த அதிர்வு-அடக்கிப்பொறியின் மூன்று கால்களை பொருத்த வேண்டும். இதை பொருத்துவதினால் மேல்பலகையின் செயலாற்றா தன்மையை (inertia) அதிகரித்து இயற்கை அதிர்வு-என்னின் வலிமையை குறைக்கின்றது.

4. அதிர்வு பரப்புதல் : தந்திகளின் அதிர்வுகள் குதிரை மூலமாகவும் ஒலிக்கம்பம் (sound post) மூலமாகவும் வயலினீன் உடலிற்கு பரப்பப்படுகிறது.

குதிரை (bridge) : குதிரை தந்திகளின் அதிர்வை மேல் பலகைக்கு பரப்புகிறது. குதிரையின் அமைப்பு தந்தியின் நீளவாட்டில் நெட்டட்டிருக்கும்படியாக உள்ளது. குதிரையின் வலது கால் ஒலி-கம்பம் (sound post) மீது நிற்பதால், அது அவ்வளவாக அசைவதில்லை. குதிரையின் இடதுகால் அசைவதற்கு வாய்ப்பு இருப்பதால் குதிரை வலதுகால் மேல் பலம் கொடுத்து அதிரும்; இடதுகால் பக்கம் மேல்பலகை அதிர்வு அடைய தொடங்கும். இந்த அதிர்வு வயலின் மரத்திலானான உடலின் ஒரு பகுதியிலிருந்து மற்ற ஒருதிக்கு பரவும், பிறகு வெளிக் காற்றிற்கும் பரவும்.

ஒலிக்கம்பம் மற்றும் நடுக்கட்டை (sound post and bassbar) மூலிக்கம்பம் வழியாக மேல் பலகையின் அதிர்வு பின்பலகைக்கு சென்

நடைகிறது. நடுக்கட்டை குதிரையின் இடதுகாலுக்கு அடிப்பாகத் தில், மேல்பலகையின் அடிப்பாகத்தில் ஒட்டப்பட்டிருக்கும். நீளமான கட்டை நீட்டவாக்கில் இருக்கும் இதன் வழியாக அழுத்தமும், அதிர் வும் துரிதமாக பரப்பப்படுகின்றன.

உதவிய நூல்கள்

1. "The Physics of Music" by Alexander Wood, University Paperbacks, published by Methuen & Co., London, 1969.
2. "ஸங்கீத ஒலிநூல்" R. K. Viswanathan, Annamalai University, Annamalai Nagar, 1948.
3. "The Music of India: A Scientific Study" by B. Charitanya Deva, Munshiram Manoharlal Publishers Pvt., Ltd., 1981.
4. "Principles of Physics" by Earnest Greene, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1969.
5. "Physics of Tampura: Some Investigations" ... an article by Dr. H. V. Modak pub. in NCPA Journal of the Arts, Bombay, December 1992.

பாடம் எண் — 4

காற்று நிரைகளின் துடிப்பு

ஒரு சாவியின் த்வாரத்தின் மீது அழுத்தமாக காற்றை ஊதி எடுத்து ஒலி எழும்புகிறது. இதிலிருந்து காற்று நிரைகளில் துடிப்பு சுற்றுடுத் துடியும் என்பதை அறிகிறோம். ஒரு குறிப்பிட்ட உயரம் வெள்ளுத் துடிப்பு காற்று நிரைக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட இயற்கை துடிப்பு-எண் சுன்னார்தா.

புதியாதனை

ஒரு உயரமான கண்ணாடி குழாயை ஒரு தண்ணீர் பாத்திரத்தில் வொட்டிய பாத்திரத்தில் தண்ணீர் விடவும். ஒரு ஒலி கவட்டையை உடிப்பு அடைய செய்து குழாயின் மேல்வாயின் அருகே வைக்க வேண்டும். பாத்திரத்தில் தண்ணீர் விட்டு காற்று நிரையின் உயரத்தை அளிப்பதற்கு வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் காற்று நிரை உடிப்பத் தொடங்கி ஒலி கவட்டைக்கு சமமான ஒரு ஒலி எழும்பும். ஆகையால் ஒலி கவட்டையின் அதிர்வு-எண்ணும் காற்று நிரையின் அதிர்வு-எண்ணும் சமம் என்று அறிகிறோம்.

அன்னு பக்கங்களும் திறந்த குழாயில் காற்று நிரையின் துடிப்பு

இரு பக்கங்களும் திறந்த குழாயில் காற்று நிரை துடிக்கும் போது, இரு முனைகளிலும் எதிர்முடிகள் (antinodes) இருக்கும். எனவே நூல் திறந்திருக்கும் முனைகளில் காற்று அசைய சுதந்திரம் இருக்கிறது: இரு எதிர்முடிகளுக்கும் நடுவே ஒரு முடிச்சு இருக்க வேண்டும். அந்த இடத்தில் காற்று ஓய்வு நிலையில் இருக்கும். ஆகையால் கொகண்டிருக்கும் காற்று நடுபாகத்திலிருந்து இரு திறந்த முனைகள் நோக்கிச் செல்லும். அல்லது இரு முனைகளிலிருந்து மொழுத்தை நோக்கிச் செல்லும். ஆகையால் மிகவும் எளிதான் உடிப்பு ஏற்படும்போது நடுபாகத்தில் ஒரு முடிச்சும், இரு முனைகளிலும் எதிர்முடிகள் இருக்கும்.

எழு

மு

எழு

இதை கணித மொழியில் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்.

பாடம் எண் 2-ல் முன்பு கூறியது போல் அலை-நீளம் என்பது அடுத்து வரும் இரண்டு அலைகளில் ஒரே மாதிரியான இரண்டு இடங்களுக்கு இடையே உள்ள நீளம். உதாரணமாக, ஒரு அலையின் தொடங்கும் இடத்திலிருந்து அடுத்த அலையின் தொடங்கும் இடம் வரைக்கும் உள்ள நீளம். அதாவது, ஒவ்வொரு அலையிலும் இரண்டு முடிகளும், இரண்டு இதிர்முடிகளும் இருப்பதால் அலை-நீளம் ஒரு அலையின் முதல் முடியிலிருந்து அடுத்த அலையின் முதல் முடி அல்லது மூன்றாவது முடி வரை. இப்பொழுது குழாயின் நீளம் ஒரு முனையில் இருக்கும் முதல் எதிர்முடிச்சிலிருந்து அடுத்த முனையில் இருக்கும் இரண்டாவது எதிர்முடிச்சு வரை நீண்டு இருக்கிறது. அதனால் அலை-நீளம் குழாயின் நீளத்துக்கு இருமடங்கு இருக்கும்.

இப்படியாக அலை-நீளம் $2L$ ஆக இருக்கும். L என்பது குழாயின் நீளம். N அதிர்வு-எண், V ஒலியின் வேகம், $2L$ அலை-நீளமாக இருந்தால்,

$$N = V/2L$$

திறந்த குழாயின் காற்று நிரையில் பரிவார சுருதிகள்

தந்தி போல் காற்று நிரைகளிலும் பரிவார கருதிகள் உண்டாகின்றன. [பாடம் பார்க்கவும்]

அடிப்படை ஸ்வரம்

அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் தான் மிகக் குறைவாக இருக்கும். அதனால் அதன் அலை-நீளம் தான் மிகப் பெரிதாக இருக்கும். அலை-நீளம் $2L$ ஆக இருக்கும். அதாவது, குழாயின் நீளம் போல் இருமடங்கு. அதிர்வு-எண் N .

$$\text{எமு} \quad \text{மு} \quad \text{எமு}$$

$$N = V/2L$$

முதல் உபரி-ஸ்வரம் (First Overtone)

முதல் உபரி ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் அடிப்படை ஸ்வரத்தின் எதிர்-எண்ணைவிட அதிகமாகவும், அலை-எண் குறைந்ததாகவும்

இருக்கும். ஆனால் இந்த ஸ்வரமும் இரு முனைகளில் எதிர்முடிகள் கொண்டு இருக்க வேண்டும். அதனால் ஒரு முடி, ஒரு எதிர்முடி மற்றும் இன்னொரு முடி நடுவில் புகுத்தப்பட வேண்டும்.

$$\begin{array}{cccccc} \text{எமு} & \text{மு} & \text{எமு} & \text{மு} & \text{எமு} \end{array}$$

இப்பொழுது அலை-நீளம் அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அலை-நீளத்தில் பாதி அல்லது முதல் எதிர்முடிக்கும் இரண்டாவது எதிர்முடிக்கும் இடையே உள்ள நீளமாக இருக்கும்; அதாவது குழாயின் நீள அளவு இருக்கும். அதாவது L . முதல் உபரி ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் $N1$.

$$N1 = V/L$$

இரண்டாவது உபரி-ஸ்வரம்

இரண்டாவது உபரி ஸ்வரத்தை அடைவதற்கு ஒரு முடியும், ஒரு எதிர்முடியும் புகுத்த வேண்டும்.

$$\begin{array}{cccccc} \text{எமு} & \text{மு} & \text{எமு} & \text{மு} & \text{எமு} & \text{மு} \end{array}$$

இரண்டாவது உபரி ஸ்வரத்தின் அலை-நீளம் (முதல் எதிர்முடிக்கும் மூன்றாவது எதிர்முடிக்கும் இடையே உள்ள நீளம்) குழாயின் நீளத்தில் மூன்றில் இரண்டு பங்காக இருக்கும். அதாவது $2L/3$. அதிர்வு-எண் $N2$.

$$N2 = V \div 2L/3 = V \times 3/2L = 3V/2L$$

அப்பொழுது அடிப்படை மற்றும் உபரி ஸ்வரங்களின் அதிர்வு-எண்களை நாம் ஒப்பீடு செய்தால் கீழ்க்கண்ட சமன் தொடரை அடைவோம்.

$$N = 1/2 (V/L)$$

$$N1 = 1 (V/L)$$

$$N2 = 3/2 (V/L)$$

அதாவது $N_1 = 2N$, $N_2 = 3N$, இப்படியாக செல்லும்;

இதன் விகிதம் $N : N_1 : N_2 = 1 : 2 : 3$.

அசையும் தந்தியில் கிடைக்கப்பெற்ற விகிதம் தான் இங்கு கிடைக்கின்றது.

ஒரு பக்கம் மூடியிருக்கும் குழாயில் காற்று-நிறையின் துடிப்பு (Vibration of air column in a tube closed at one end):

இவ்விதமான துடிப்பில் ஒரு முனையில் எப்போதும் மூடி இருக்க வேண்டும். மற்ற முனையில் எதிர்மூடி. திறந்திருக்கும் முனையில் காற்று உள்ளே வந்தபடியும், வெளியே சென்றபடியும் மாறி-மாறி இருக்கும். துடிப்பின் வீச்சு திறந்த பக்கத்தில் அதிகமாக ஏம், மூடியிருக்கும் பக்கம் நெருங்க-நெருங்க குறையத் தொடங்கும்.

எம்	மு
-----	----

மூடிக்கும், எதிர்மூடிக்கும் இடையே உள்ள நீளம் இங்கே L . அதாவது குழாயின் மூழை நீளம். அலை-நீளம் என்பது முதல் மூடி யிலிருந்து மூன்றாவது மூடி வரை உள்ள நீளம். குழாயின் நீளமான L என்பது ஒரு மூடிக்கும், அடுத்த எதிர்மூடிக்கும் உள்ள நீளம். அதனால் அலை-நீளம் இதற்கு நான்கு மடங்காக இருக்க வேண்டும். அதாவது, $4L$. அதிர்வு-எண் N என்பது

$$N = V/4L$$

ஒரு பக்கம் மூடியிருக்கும் குழாயின் காற்று-நிறையில் பரிவார சுருதிகள் (Overtones of air column in a tube closed at one end):

[படம் பார்க்கவும்]

அடிப்படை ஸ்வரம்

மேலே விவரித்தது போல் அடிப்படை ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண்,

$$N = V/4L$$

முதல் உபரி-ஸ்வரம்

முதல் உபரி ஸ்வரம் கிடைப்பதற்கு ஒரு முடியும், ஒரு எதிர் முடியும் புகுத்த வேண்டும்.

எம்	மு	எம்	மு
-----	----	-----	----

(வலது பக்கத்திலிருந்து) முதல் மூடிக்கும் இரண்டாவது மூடிக்கும் உள்ள நீளம், குழாயின் நீளத்தில் மூன்றில் இரண்டு பாகம். அதாவது $2/3 L$. அலை-நீளம் இதற்கு இரண்டு மடங்கு; அதாவது, $2 \times 2L/3 = 4L/3$. முதல் உபரி ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் N_1 -ன் மதிப்பு

$$N_1 = V \div 4L/3 = 3V/4L$$

இரண்டாவது உபரி-ஸ்வரம்

இந்த இரண்டாவது உபரி ஸ்வரத்திற்காக இன்னும் ஒரு முடியையும், எதிர்முடியையும் புகுத்த வேண்டும்.

எம்	மு	எம்	மு	எம்	மு
-----	----	-----	----	-----	----

முதல் மூடிக்கும், மூன்றாவது மூடிக்கும் இடையே உள்ள நீளம் (அதாவது அலை-நீளம்), குழாயின் நீளத்தில் ஐந்தில் நான்கு பாகமாக இருக்கிறது. அதாவது $4/5 L = 4L/5$. இரண்டாவது உபரி ஸ்வரத்தின் அதிர்வு-எண் N_2 ,

$$N_2 = V \div 4L/5 = 5V/4L$$

இப்பொழுது அடிப்படை மற்றும் மற்ற உபரி ஸ்வரங்களின் இதிர்வு-எண்களை ஒப்பிட்டு நோக்கினால், கீழ்க்கண்ட சமன் தொடரை அடைகின்றோம்.

$$N = 1/4 (V/L)$$

$$N_1 = 3/4 (V/L)$$

$$N2 = 5/4 (V/L)$$

அதாவது, $N1 = 3N$, $N2 = 5N$ என்று மேலும் சொல்லும்.

$$N : N1 : N2 = 1 : 3 : 5.$$

இரண்டுவித குழாய்களில் உள்ள துடிப்புகளின் ஒப்பீடு

இரு பக்கமும் திறந்த குழாய் மற்றும் ஒரு பக்கம் மூடியுள்ள குழாயின் உபரி ஸ்வரங்களை ஒப்பீடு செய்தால் நாம் அறிவது என்ன வென்றால், திறந்த குழாயில் ஹார்மானிக் வரிசையின் அனைத்து அதிர்வு-எண்களும், அதாவது 1, 2, 3, 4, 5, இடம் பெறுகின்றன. ஆனால் ஒரு பக்கம் மூடியுள்ள குழாயில் ஒற்றைப்படை எண்கள் ஹார்மானிக்கள், அதாவது 1, 3, 5, ... ஆகியவை மட்டும் இடம் பெறுகின்றன.

கூம்பு வடிவான ஒரு பக்கம் மூடியிருக்கும் குழாயில் காற்று-நிரையின் துடிப்பு

(Vibrations of air column in a conical tube closed at one end) :

இம்மாதிரியான குழாயில் காற்று நிரை துடிப்பு, சிக்கல் வாய்ந்த தாக இருக்கும். ஆனால், பொதுவாக அது ஒரு திறந்த குழாய் போல் பங்காற்றும். அதாவது, அலை-நீளம் $2L$ மற்றும் ஹார்மானிக் வரிசையின் அனைத்து அதிர்வு-எண்களும் இடம் பெறும்.

புல்லாங்குழல் மற்றும் நாகஸ்வரத்தின் அடிப்படை ஒலி விஞ்ஞான தத்துவங்கள்
(Acoustical principles underlying Flute and Nagasvaram)

புல்லாங்குழல்

ஒலியின் உற்பத்தி

புல்லாங்குழல் பக்கவாட்டில் வைத்து வாசிக்கப்படும். அதன் முக்கியமான ஊது-துளை (mouth-hole) சிறிது வெளிப்பக்கம் திரும்பியிருக்கும். வாசிப்பவரின் உதடு துளையின் கிட்ட இருக்கும் விளிம்பில் வைக்கப்படும். மென்தகடு வடிவில் காற்று விளிம்பின் மேல் ஊதினால் ஒலி உண்டாகும். இந்த காற்றுநிரையும் குழாயிலுள்ள காற்றும் சேர்ந்து துடிக்கும் வஸ்துவாகின்றன.

எல்லா துவாரங்களும் மூடியிருந்தால், புல்லாங்குழல் ஒரு இருபக்கம் திறந்த குழாய் போல் ஒலி கொடுக்கும். முதன்மூதவில் ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் என்ற விஞ்ஞானிதான் இந்த கருவியில் ஒலி உற்பத்தியாவதையும், பரவுவதையும் விளக்கினார். குழல் ஊது பவரின் வாயிலிருந்து மெல்லிய தகடுவடிவ (blade) காற்றை ஒரு இசைக்கட்டை (reed) போல் கருதி அது குழலின் காற்று நிரையால் துடிப்பது போலவும் இருப்பதாகக் கூறினார். குழலினுள் இருக்கும் காற்று நிரையின் அசைவு வாயிலிருந்து வரும் காற்றை மாறி மாறி குழலினுள் அனுமதித்தும், ஊது-துளை வெளியிலேயே போகும்படி செய்கின்றது. குழலினுள் காற்று அடர்த்தியானால் (condensation), தகடுவடிவ காற்று உள்ளே இழுத்துக்கொள்ளப் படுகிறது மற்றும் தளர்த்தி (rarefaction) ஏற்படும்போது தகடுவடிவ காற்று வெளியே தள்ளப்படுகிறது. இந்த அடர்த்தி மற்றும் தளர்த்தியின் காரணமாக ஒலி ஏற்படுகிறது. ஆனால் ஹெல்ம்ஹோல்ட்ஸ் ஒரு அங்கத்திற்கு விளக்கம் அளிக்கவில்லை. அதாவது குழலினுள் முதன்மூதவில் துடிப்பு எவ்வாறு தொடங்குகிறது என்பதை அவர் விளக்கவில்லை.

தற்காலத்திய ஆய்வாளர்கள், ஈ. ஜி. ரிசர்ட்ஸன் போன்றவர்கள், வேறு விளக்கம் அளித்துள்ளார்கள். நீர்ச்சுழிகள் (vortex) மற்றும் “விளிம்பு-ஸ்வரங்கள்” ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் புல்லாங்குழலில் ஒலி ஏற்படும் காரணத்தை விளக்கியுள்ளனர். இதே போன்று தான் தந்தி மரங்களில் (telegraph wires) கேட்கும் ஒலியும்.

ஒடும் தண்ணீரில் ஒரு குச்சியை குத்திட்டு வைத்திருந்தால், அதன் இரு புறத்திருவிந்தும் நீர்ச்சுழிகள் ஏற்பட்டு அவை கலைந்து நீருடன் போவதைக் கவனிக்கலாம். இந்த நீர்ச்சுழிகள் குச்சியை மாறி மாறித் தள்ளும். அதன் வலுவை, குச்சியை ஒரே இடத்தில் வைத்துக் கொள்ளாமல், தண்ணீரில் குச்சியை இழுத்தோமென்றால், அப் பொழுது நம்முடைய கையில் ஆட்டம் கொடுப்பதிலிருந்து அறியலாம்.

நீரில் குச்சியை வைத்துக்கொள்வதற்கு பதிலாக காற்றில் கொடியுடன் கூடிய ஒரு கம்பியை நட்டால், மேற்கூறிய சம்பவம் நடக்கின்றது. நீரில் சுழிகள் ஏற்படுவதற்கு பதிலாக காற்றில் சுழிகள் ஏற்பட்டு கம்பியை முன்னும் பின்னுமாகப் பக்கவாட்டத்தில் அசைத்து கொடியை பறக்கச் செய்யு). கொடிக்கு இரண்டு பக்கத்திலிருந்தும் சமூலைகள் (eddies) மாறி மாறி வந்து ஒன்றை ஒன்று

துரத்தும். தந்தி கம்பங்களில் ஒவி கேட்பது எதனால் என்றால் என்றால் சுழிகளின் அசைவிற்கு உண்டான் துடிப்பு-எண்ணும் தந்தி கம்பிக்கு இயற்கையாக உள்ள துடிப்பு-எண்ணும் ஒன்றுசேரும் பொழுது காற்றில் சப்தம் உண்டாரும். இதை “Aeolian tone” என்று கூறுவார். ஏனென்றால், “Aeolian harp” என்ற இசைக் கருவி, இயற்கைக் காற்றால் தூண்டப்பட்டுதான் ஒவி எழுப்பும்.

“விளிம்பு-ஸ்வரம்” என்பது ஒரு பிளப்பிலிருந்து மென்தகடு (blade) வடிவம் கொண்ட காற்று, ஒரு தடையின் கூரான விளிம்பை தொடும்போது ஏற்படுகிறது. புல்லாங்குழலின் ஊது-துளையிலும் இல்வாறுதான் ஸ்வரம் உண்டாகிறது. ஊதும் காற்றின் அழுத்தத் திற்குத் தக்கபடி “விளிம்பு-ஸ்வரத்தின்” சுருதி உயர்கின்றது என்று கருதப்படுகிறது. ஆனால் புல்லாங்குழலில் காற்றிற்கு நாம் கொடுக்கும் வலிமையினால் ஒலியின் சுருதி இருமடங்கு ஆகிறது. அதாவது, கீழ்-ஸ்தாயிக்கு உண்டான் ஸ்வரங்களை வாசிக்கும்பொழுது காற்றிற்கு வலிமையைக் குறைவாகவும், மேல்-ஸ்தாயி ஸ்வரங்களை வாசிக்கும்பொழுது வலிமையை அதிகமாகக் கெகாடுக்க வேண்டும்.

புல்லாங்குழலில் வெவ்வேறு ஸ்வரங்கள் வாசிப்பது

புல்லாங்குழலில் ஊது-துளையிலிருந்து சற்று தூரம் தள்ளி இருக்கும் எட்டு துளைகள் ஸ்வரங்களை வாசிக்கும் துளைகள். இவைகளை முழுமையாகவோ பாதியாகவோ விரல்களால் மூடி, அசையும்-நீளத்தை ஒழுங்குபடுத்தி ஸி, ரி, க, ம, ப, த, நி போன்ற ஸ்வரங்கள் வாசிக்கப்படுகின்றன. ஊது-துளையிலிருந்து ஸ்வரதுளைகளின் தூரம், ஸ்வரங்களின் அதிர்வு-எண்ணிற்குத் தக்கவாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவிலித்தில் புல்லாங்குழலை ஹெல்ஹோல்ட்ஸ் உடனியக்க கோளங்களுக்கு (Helmholtz resonators) ஒப்பிடலாம்.

இவ்வடனியக்க கோளங்களில் துளை மிகவும் சிறியதாக இருக்கும். இதன் துளையை சற்று பெரிதாக்கினால் அந்த கோளத்தின் சுருதியை உயர்த்த முடியும். புல்லாங்குழலில் இதுதான் நடக்கிறது. அதன் துளையை முடியிருக்கும் விரலை கொஞ்சம் கொஞ்சமாக எடுத்து, துளையின் அளவைப் பெரிதாக்கினால், சுருதி உயர்ந்துகொண்டே போகும்.

இதனால் ஒரு புல்லாங்குழலை செய்து முடித்த பிறகு, ஸ்வரங்கள் சரியான சுருதியில் இல்லையென்றால், துளைகளின் அளவில் சிறிது மாறுதல்கள் செய்வார்கள்.

புல்லாங்குழலை செய்வதற்கான மூலப்பொருள் (material)

குழலின் குழாயின் அகலம் மற்றும் அதன் மூலப்பொருள் இந்த இரண்டையும் சார்ந்தது ஒரு புல்லாங்குழலின் ஒவி-தன்மை. ஒவிதன்மை ஒலியிலிருக்கும் பரிவார சுருதிகளைச் சார்ந்துள்ளது என்று முன்பே பார்த்தோம். விஞ்ஞான தத்துவப்படி குழாயின் உள்சுற்றளவு குறைவாக இருந்தால், பரிவார சுருதிகள் நிறைய இருக்கும். உள்சுற்றளவு அகலமாக இருந்தால், பரிவார சுருதிகள் குறைவாக இருக்கும். புல்லாங்குழலில் ஸ்வரங்கள் மிகக் குறைவான பரிவார சுருதிகளுடன் கூடியவையாக இருக்கின்றன என்று ஹெல்ஹோல்ட்ஸ் கண்டுபிடித்தார். பிற்காலத்திய ஆய்வுகள் கூட இதை உறுதிப்படுத்தியுள்ளன. இதனால்தான் புல்லாங்குழலின் ஒவித்தன்மை மிருதுவாக இருக்கின்றது; இதற்கு மாறாக நாசஸ்வரம் போன்ற ரீட் (இசைக்கட்டை) கருவிகளின் ஒவி இருக்கும். உலோகத்துலான புல்லாங்குழல்களைவிட மரத்தினாலான புல்லாங்குழல்களின் தன்மை சற்று மிருதுவாக இருக்கும். ஏனென்றால் மரம் உலோகத்தைவிட சற்று அதிகமாக அழுத்தக்கணுக்கு அனுசரித்துப்போகும்.

நாகஸ்வரம்

நாகஸ்வரம் ஒரு ரீட் வாத்தியம். காற்று வாத்தியங்களில் ஒரு ரீட் அல்லது இரு ரீட் கொண்ட வாத்தியங்கள் உள்ளன. கிளாரினெட் வாத்தியம் ஒரு ரீட் கருவிக்கான உதாரணம். நாகஸ்வரம், ஒபோ (oboe — மேற்கத்திய இசைக் கருவி) போன்ற கருவிகள் இருமூங்கில் ரீட் கொண்ட கருவிகள். ஹார்மோனியமும் ஒரு ரீட் வாத்தியமே.

ரீட்களின் பங்கு

நாகஸ்வரத்தில் இரு ரீட்களை சேர்த்து அடிபாகத்தில் கட்டி, மற்ற முனையில் ஒரு துளையூடன் இருக்கும். அதை கூம்புவடிவான ஒரு குழாயில் நுழைத்து. ரீட்களை வாயில் வைத்து, காற்றை ஊதி கலைஞர் வாசிப்பார். இரு ரீட்களும் ஒன்றுக்கு எதிராக மற்றொன்று அசைந்து துடிப்பு ஏற்படும். அவை மாறி மாறி துளையை முடியும், திறக்கவும் செய்யும். இந்த மாறுதல் அடையும் காற்றமுத்தம் குழாயில் உள்ள காற்றிற்குப் பரவும். இதில் துடிப்பு ஏற்பட்டு,

அதற்கு தக்கவாறு ச்ருதியுள்ள ஸ்வரங்கள் ஒலிக்கும். ரீட்கருக்கும் குழாய்க்கும் உள்ள இணைப்பு உறுதியாக இருக்க வேண்டும். இல்லாவிட்டால் ரீட்கள் தங்களுடைய இயற்கை அதிர்வு-எண்ணில் துடிக்கத் தொடங்கும். சில சமயம் நாகஸ்வரத்திலிருந்து “பிப்பி” என்று ஒலி கேட்பது ரீட்களின் இயற்கை அதிர்வின் காரணம் தான்.

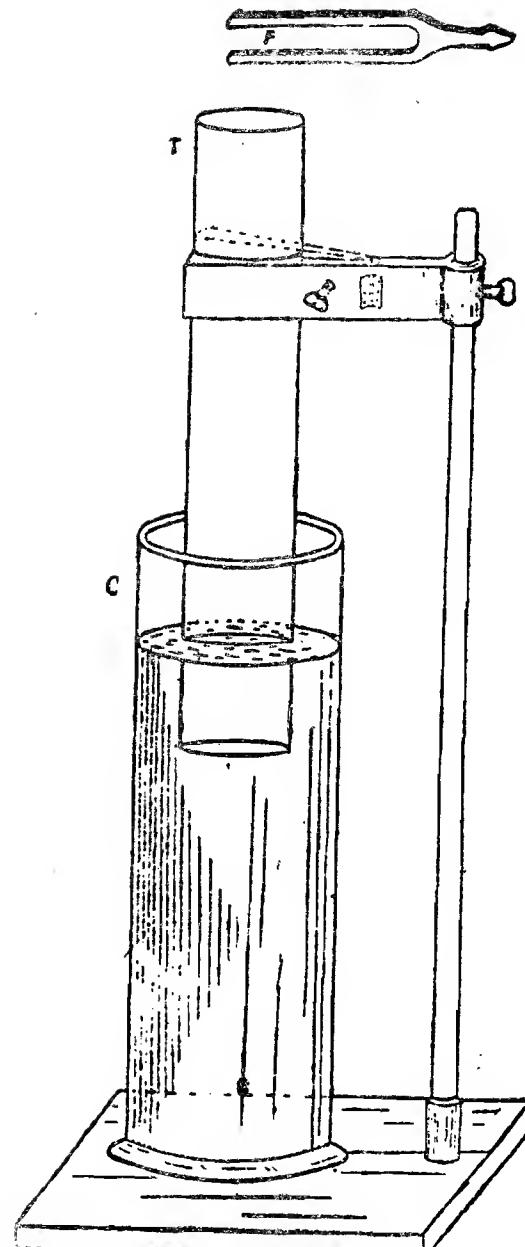
நாகஸ்வரத்தின் குழாய், இரண்டிலிருந்து இரண்டிறை அடி நீளம் வரை இருக்கும். குழாயின் நீளம் அதிகம் ஆக ஆக, அதன் “ச்ருதி” அல்லது “ஆதார-ச்ருதி” குறைவாக இருக்கும். பன்னிரெண்டு துளைகளில் எட்டு வரிசையாக ஒரு நேர்க்கோட்டிலும், மற்ற நான்கும் அதற்கு இரு பக்கமும் வெவ்வேறு இடத்தில் குழாயின் கீழ் பகுதியில் இருக்கும். எட்டில் ஏழு துளைகள் மீதே விரல்கள் வைக்கப்படும். மற்றவை ச்ருதியை கட்டுப்பாட்டில் வைக்க உதவு கின்றன.

ஒலித்தன்மை

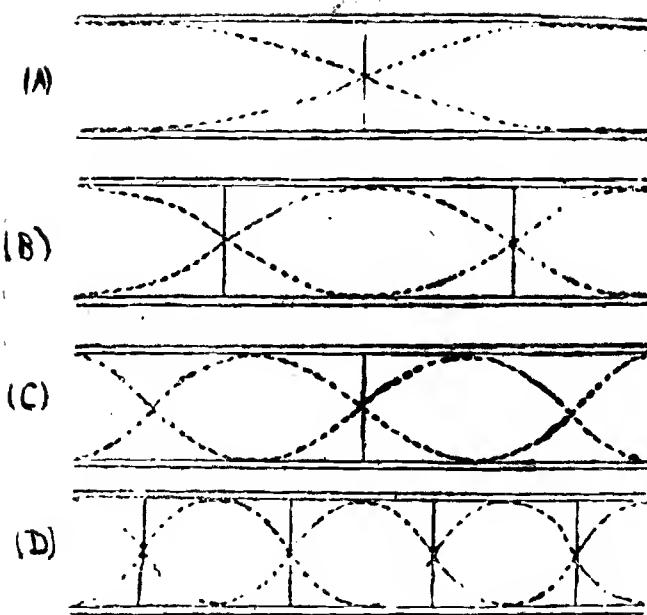
நாகஸ்வரத்தின் ஒலித்தன்மை பல அம்சங்களைச் சார்ந்ததானது. காற்றுநிரை, கருவியில் மூலப்பொருள் மற்றும் வடிவு — இவை ஒலித்தன்மையை உருவாக்குகின்றன. கிளாரினெட் நீள-உருளை (cylindrical) வடிவானதால், மேலும் ஒரு பக்கம் மூடியிருப்பதால், அதில் உண்டாகும் பரிவார சுருதிகளில் ஒற்றைப்படை (odd) ஹார் மானிக்ஸ்களே (1, 3, 5,) இருக்கும். நாகஸ்வரம், ஒபோ போன்ற கருவிகளில் குழாய் கூம்பு வடிவம் கொண்டதாக இருப்பதால், அனைத்து ஹார்மானிக்ஸாம் (ஒற்றைப்படை, இரட்டைப்படை இரண்டும்) கிடைக்கப்பெறும்.

கீழ் அணைசின் பங்கு

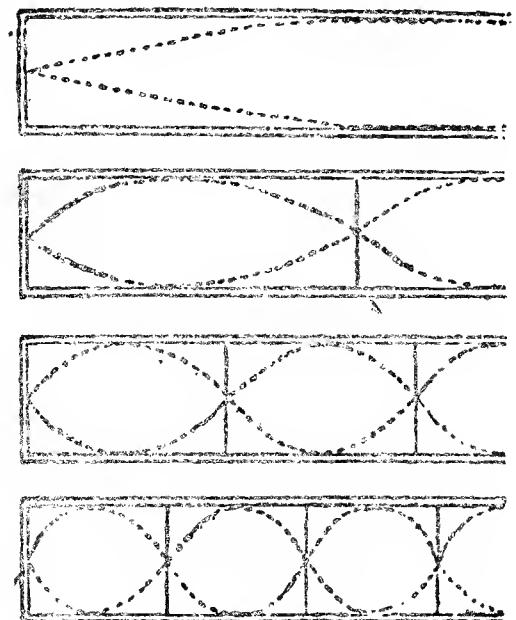
நாகஸ்வரத்தின் கீழ்ப்பாகத்திலுள்ள கீழ்-அணைச் மிகுதியினால் இரட்டைப்படை ஹார்மானிக்ஸ் இன்னும் அதிகமாக கிடைக்கப்பெறும். மேலும் மிக உயர் அதிர்வு-எண் கொண்ட பரிவார சுருதிகளின் முழுக்கத்தைக் குறைக்கும். மேலும் ஒலியை வெளியில் பரவச்செய்ய மிக முக்கிய காரணமாக உள்ளது கீழ்-அணைச்.



உடனியக்கத்தை விடக்க சோதனை



இரண்டு பக்கங்களும் திறந்த குழாயில் காற்றில் பல கண்டங்கள் உண்டாகும் விதத்தை விளக்கும் படம்.



இரு பக்கம் திறந்த குழாயில் உள்ள காற்று பல கண்டங்களாக துடிக்கும் விதத்தை விளக்கும் படம்.

இழுத்துக்கட்டப்பட்ட

தோல்களின் துடிப்பு

(Vibrations of Stretched Membranes)

மருதங்கம், தவில் போன்ற தோல் கருவிகளில் இழுத்துக்கட்டப்பட்ட தோல்களைக் காண்கின்றோம். தோல் கருவிகளில் இரண்டு அல்லது மூன்று தோல்கள் அடுக்காக வைக்கப்பட்டிருக்கும். வெளிப்பக்க தோலை அடித்து அதிர்வு அடையச் செய்தால், உட்பாகத்தில் இருக்கும் தோல்களும், கருவியில் அடைப்பட்டிருக்கும் காற்றின் அழுத்தத்தினால் அதிர்வு அடையும். தோல் ஜவ்வகளின் மேல் செய்யப்பட்ட ஆய்வின்படி, ஒரு தோலிலிருந்து வளிமை மற் றொன்றுக்கு பரவி, முதல் தோலின் அதிர்வின் முழக்கம் குறையும். பிறகு மற்ற தோல்களிலிருந்து இது வளிமை பெற்று அதிர்வு அடையத் தொடர்க்கும். இப்படியாக வளிமையின் மாற்றம் தொடரும். அவ் வடிவின் சக்தி ஒய்ந்து முடியும் வரை.

துடிப்பின் வகைகளை விஞ்ஞான அடிப்படையில் அறியலாம். மேலும் செயல்முறையில் நடத்தியும் காட்டலாம். அடிப்படை ஒன்றைப்படும்போது தோல் முழுமையாக துடிக்கும்; மையத்தில் எதிர் முடியும், விளிமில் முடியும் கோடுவடிவமாக இருக்கும். அதன் அதிர்வு-எண் —

- (1) தோலின் விட்டத்திற்கு நேர்மாறான விகிதாசாரம் கொண்டது.
- (2) பிருவின் மிசைப்பெருக்க மூலத்திற்கு (square root of the tension) நேர் விகிதாசாரம் கொண்டது.
- (3) ஜவ்வின் ஒரு பரப்பளவின் மொத்தத்தின் மிசைப்பெருக்க மூலத்திற்கு (square root of the mass of the membrane per unit area) நேர்மாறான விகிதாசாரம் கொண்டது.

இம்மாதிரியான கருவிகளின் ஜவ்வு பொதுவாக ஒரு வாய்கல மான சட்டம் மீதோ (கஞ்சோ) அல்லது பள்ளம் போன்றது மீதோ

இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருக்கும். ஜவ்வு நேராக கையினால் அடித்து அதிர்வு அடையச் செய்யலாம் (மருதங்கம்) அல்லது ஒரு குச்சி மூலம் (தவில்). ஒரு வட்டமான வடிவில் உள்ள ஜவ்வே விரும்பப் படுகிறது. லார்ட் ரேலை (Lord Rayleigh) என்பவர் வட்ட ஜவ்வைப் பற்றிய கணித ஆய்வு செய்திருக்கிறார்.

துடிக்கும் ஜவ்வு உள்ளிருக்கும் காற்றை மாறி மாறி அழுத்தியும், தளர்த்தியும் விடுகிறது. இதனால் ஜவ்வு தன்னுடைய இயற்கை அதிர்வு-எண்களை மாற்றுகின்றது. மேலும் தோல் கருவிகள் மையத்தில் மட்டும் அடிக்கப்படாமல், விளிமிலிற்கும் மையத்திற்கும் நடுவே அநேக இடங்களில் அடிக்கப்படுகின்றன. தோல் கருவிகளின் அதிர்வுகள் பொதுவாக ச்லாட்னி (Chladni) வகுத்த, ஜவ்வுகள் மேல் மனல் துகள்களை தூயும் முறையிட ஆராயலாம்.

ச்லாட்னி ஒனி உண்டாக்குவதற்கு ஒரு கண்ணாடி அல்லது உலோகத் தகட்டை உபயோகித்தார். ஒரு முறையில் தகடு சதுர வடிவில் இருக்கும் மற்றும் ஆடாமல், அசையாமல் இருக்க நடு மத்தியில் உறுதியாக பிடித்துக்கொள்ளப் பட்டிருக்கும். அந்த தகட்டின் ஒரு பக்கத்தில், தொட்டுக்கொண்டு, வில்லினால் தகட்டின் மற்றொரு பாகத்தை மீட்டினால் சப்தம் கேட்கின்றதென்பதை கவனிக்கலாம். தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இடத்தை மாற்றியும், வில் போடும் இடத்தை மாற்றியும், பலவித சப்தங்களை உண்டு பண்ணலாம். ஒவ்வொரு சமயமும் சப்தத்தின் குணம் ஒவ்வொன்றாக இருக்கும். தகடு துடிப்புகளைக் கவனிக்க, வில்லை போடு வதற்கு முன், தகட்டின் மேல் சன்ன மனலைத் தூயிக்கொள்ள வேண்டும். இப்பொழுது முன்போலத் தொட்டுக்கொண்டு வில்லைப் போட்டால், தகட்டின் மேல் இருக்கும் சன்ன மனல் தூள்கள் எகிறி சில இடங்களில் இல்லாமலும், சில இடங்களில் குவிந்தும் இருக்கும். [படம் பார்க்கவும்]. மனல் தூள்கள் குவிந்து இருக்கும் இடங்கள் நோடல் வைன்ஸ் (nodal lines) அதாவது முட்கோடுகள் என்றழைக்கப்படும். இவ்விடங்களில் ஜவ்வில் அதிர்வு ஏற்பட வில்லை என்று பொருள்.

மருதங்கம் மற்றும் தவிலின் அடிப்படை ஒனி விஞ்ஞான தத்துவங்கள்

மேலே குறிப்பிட்டுள்ள தோல்களின் அதிர்வு பற்றிய பொது வான் விவரங்கள் மருதங்கம் மற்றும் தவில் இரண்டிற்கும்

பொருந்தும். ஆனால் சில தனிப்பட்ட விவரங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

தோலின் எடையை அதிகமாக்குதல்

ம்ருதங்கம் மற்றும் தவில் இரண்டிலுமே தோலில் சில பொருள்களை சேர்த்து எடையை அதிகரிப்பது உண்டு.

ம்ருதங்கத்தில் வலது பக்கத் தோலின் மத்தியில் சாதம், மேன்களீஸ் தூள்கள் மற்றும் புளி சாறு கலந்த ஒரு மாவு தடவப்படுகின்றது. பரவலாக தடவி, மேலும் மாவு தடவி, வலது பக்கம் மத்தி மற்றும் விளிம்பு பக்கம் எல்லாம் ஒரே ச்ருதியில் இருக்கின்றார்ப்போல் செய்ய வேண்டும். இவ்வொலிகள் சாபு (மத்தியில்) மற்றும் மீட்டு (விளிம்பில்) என்றழைக்கப்படுகின்றன. இப்படியாக வலது பக்கத்தில் அடையாளம் புரிந்துகொள்ளும்படியான ஒரு ச்ருதி கேட்கும். அதனால் முருதங்கம் தோல் வாத்தியங்களிலே ச்ருதி சேர்க்கக்கூடிய ஒரு அரிய கருவி.

இடது பக்கம் வாசிப்பதற்கு சிறிது முன்பு, ரவையால் பிசைந்த மாவு மத்தியில் தடவப்படும். வாசித்து முடிந்தவுடன் இந்த மாணவை எடுத்து விடுவார்கள்.

தவில் வாத்தியத்தில்கூட குச்சியால் வாசிக்கப்படும் இடது பக்கம் தோலின் உட்புறம் விளக்கெண்ணெய், அஷ்டபந்தனம், நந்தி மொழுக்கு (என்னையால் அபிஷேகம் செய்யப்பட்ட கல் விக்ரஹத்தி விருந்து எடுக்கப்பட்டது) கலந்த ஒரு பசை தடவப்படும்.

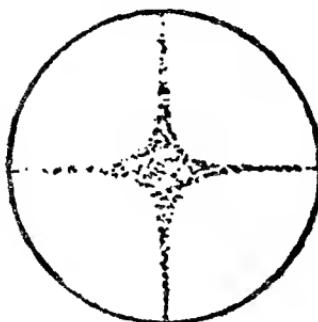
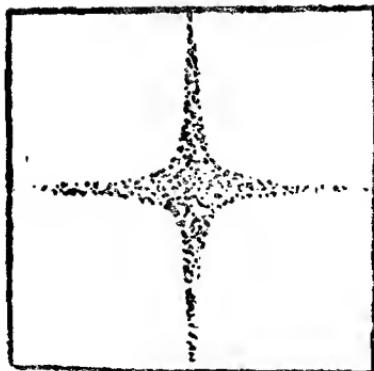
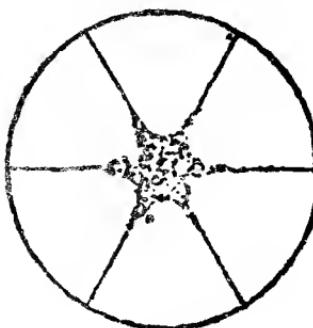
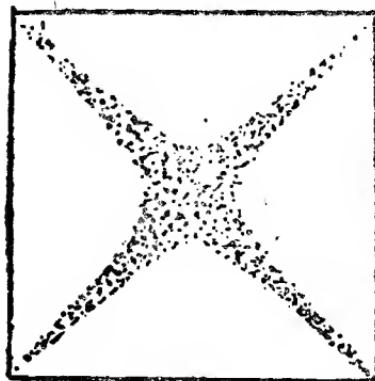
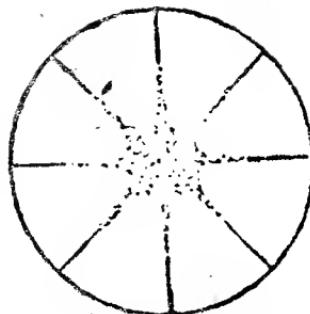
வட்டமான ஜவ்வுகள் அதிர்வு அடையும்போது பொதுவாக ஹார்மோனிக்ஸ் அல்லாத பரிவார சுருதிகளையே உண்டாக்கும். மத்திய பாகத்தில் எடையை ஏற்றினால், ஹார்மானிக்ஸ் கூடிய பரிவார சுருதிகள் உண்டாகும். விளிம்பு ஓரத்திலிருந்து தொடங்கி மையப் பகுதி வரை தோலின் எடையைப் படிப்படியாக அதிகரித்துக் கொண்டே போனால், பரிவார சுருதிகளில் ஹார்மானிக்ஸ் அதிகம் இருக்கும்.

ஷ்வரத்தின் முழக்கமும் தன்மையும்

குழாய் அல்லது பீப்பாய் வடிவிலான உடல், ம்ருதங்கம் மற்றும் தவிலில் நல்ல தன்மையும் முழக்கமும் கூடிய ஒலியை உண்டாக்க வல்லது.

உதவிய நூல்கள்

1. "The Physics of Music" by Alexander Wood, University Paperbacks, published by Methuen & Co. Ltd., London, 1969.
2. "ஸங்கித ஒலி நூல்", ஆர். கே. விசுவநாதன், அண்ணா மலை பல்கலைக்கழகம், 1953.
3. "Principles of Physics" by Earnest Greene, Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, 1969.



தகடுகளின் துடிப்பை விளக்கும் ச்லாட்னி கோளங்கள்.